

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
МОРСКОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Е.А. ЧИХОНАДСКИХ, Г.В. ЧЕРКАЕВ

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ
ВЕЩЕСТВ, ПОСТУПАЮЩИХ В АТМОСФЕРУ
ОТ ОБЪЕКТОВ МОРСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

*Утверждено учебно-методическим советом университета
в качестве учебного пособия*

Санкт-Петербург,
2024

УДК 656.13:504.5

ББК 39.3:20.171

Ч 71

Рецензенты:

доктор технических наук, заведующий кафедрой промышленной
и экологической безопасности объектов судовой энергетики,

профессор *Ю.А. Нифонтов*;

доктор экономических наук, профессор *Е.В. Песоцкая*

Чихонадских Е.А., Черкаев Г.В.

Ч 71 Оценка воздействия загрязняющих веществ, поступающих в атмосферу от объектов морской инфраструктуры: учебное пособие / Е.А. Чихонадских, Г.В. Черкаев. – СПб.: Изд-во СПбГМТУ, 2024. – 112 с.

ISBN 978-5-88303-680-3

В учебном пособии описана процедура инвентаризации передвижных источников негативного воздействия на окружающую среду, представлена оценка величин выбросов загрязняющих веществ в атмосферу автотранспортными потоками на городских магистралях.

Описаны усредненные удельные значения показателей выбросов, отражающие основные закономерности их изменения при реальном характере автотранспортного движения в городских условиях.

Предназначено для обучающихся по программам подготовки бакалавров высших учебных заведений в рамках направлений 13.03.03 «Энергетическое машиностроение», 26.03.02 «Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов морской инфраструктуры», 20.03.01 «Техносферная безопасность», изучающих дисциплины «Экология», «Экологические проблемы промышленных зон и городов», а также выполняющих соответствующие разделы выпускной квалификационной работы и для использования в практической профессиональной деятельности.

УДК 656.13:504.5

ББК 39.3:20.171

ISBN 978-5-88303-680-3

© СПбГМТУ,
2024

ВВЕДЕНИЕ

Стремительность роста городского населения – один из главных результатов развития урбанизации России в XX веке. Городская революция привела к более чем десятикратному увеличению численности горожан, коренным образом изменив облик нашей страны, всю картину расселения и размещения ее населения, что является одним из ключевых условий обеспечения устойчивого социально-экономического развития как отдельного района, так и страны в целом.

Появление на Земле созданной человеком искусственной среды (населенных пунктов, инженерных сооружений и т. п.) стало одной из важнейших особенностей процесса взаимодействия человека и природы. Урбанизированные ландшафты (города, пригородные территории) постоянно растут, расширяются, а территория планеты остается постоянной, возрастает только ее ценность в связи с уменьшением незастроенных площадей. Вместе с тем для создания необходимых гигиенических условий проживания людей необходима охрана среды как в самих городах, так и вокруг них, поскольку без определенной естественной окружающей среды города не могут существовать.

Следует отметить, что при все возрастающем антропогенном давлении такое воздействие испытывают природные системы различного уровня – от локального до планетарного. В связи с этим уже давно назрела необходимость выстроить совершенно новый тип отношений между человечеством и окружающей его природной средой, основанный на паритетных и партнерских началах. Пора отказаться от многих расточительных привычек, перестать быть только потребителями природных ресурсов.

Развитие различных видов транспорта, особенно автомобильного, прокладка автотрасс привели к многократному увеличению прямого и косвенного воздействия транспорта на людей.

Обусловленные функционированием транспорта неблагоприятные экологические факторы (выхлопные газы, шум, вибрация и др.) воздействуют не только на пассажиров, но и на множество людей, которые находятся вне транспортных средств и коммуникаций.

Кроме всего прочего, от постоянно увеличивающейся автомобилизации населения растет количество выбросов парниковых газов (ПГ), формируемых в процессе эксплуатации транспортных

средств (ТС), что оказывает прямое воздействие на процессы, связанные с глобальным изменением климата. В последние десятилетия наблюдается устойчивый рост объемов выбросов ПГ, при этом деятельность транспортного комплекса является основным фактором формирования выбросов ПГ по различным секторам экономики.

В современном мире важное место отводится экологическому образованию, подготовке и воспитанию специалистов нового уровня, основная задача которых будет сводиться к исследованию основных закономерностей функционирования геотехнических систем, к которым относятся городские агломерации. Эти специалисты должны уметь рассчитывать выбросы загрязняющих веществ от транспортных потоков городов, для того чтобы в дальнейшем уметь обосновывать выбор того или иного метода и средств защиты атмосферного воздуха от воздействия автотранспорта.

1. ВОЗДЕЙСТВИЕ АВТОТРАНСПОРТА НА МЕГАПОЛИС НА ПРИМЕРЕ САНКТ-ПЕТЕР- БУРГА

1.1. Городские агломерации и их признаки

Существуют разные взгляды на роль многомиллионных городов в жизни современного человека. Одни видят в них, прежде всего, достоинства, поскольку высокая концентрация населения и развитая инфраструктура резко удешевляют производство, повышают интенсивность информационных потоков и способствуют ускорению инновационных процессов. Другие, не отрицая негативных сторон и издержек урбанизации, рассматривают ее как закономерный и неизбежный этап общечеловеческого развития. Рост городов – характерная черта XX в. Города оказывают многообразное воздействие на окружающую среду. Элементы почвенно-растительного покрова в них заменены техногенным покровом. Характер функционирования последнего определяется его социально-производственным назначением. Осуществляемый в результате массо-энергообмена выход в окружающую среду всегда имеет характер источника загрязнения.

Городская агломерация (от лат. *agglomeratio* – присоединяю) – компактное скопление населенных пунктов, главным образом городских, местами срастающихся, объединенных в сложную многокомпонентную динамическую систему с интенсивными производственными, транспортными и культурными связями.

Различают моноцентрические (сформировавшиеся вокруг одного крупного города-ядра, например, Московская или Санкт-Петербургская агломерации) и полицентрические агломерации (конурбации), имеющие несколько городов-ядер (например Самарско-Тольяттинская агломерация).

К основным признакам агломераций относятся:

- регулярное совершение местным населением поездок из одного города в другой в трудовых, культурных, учебных, досуговых целях (гражданин живет во Всеволожске, а работает в Санкт-Петербурге и т.д.);
- полуторачасовая транспортная доступность от самого удаленного населенного пункта агломерации к городу-ядру;

- наличие у городов совместно используемой развитой транспортной, коммунальной, промышленной инфраструктуры;

- наличие аэропорта, крупного железнодорожного узла, морского или речного вокзала, которыми пользуются сразу все города.

Для развития городских агломераций характерны следующие явления:

- наращивание городских образований, включающих в себя расширяющиеся ядра, вовлекающие в сферу своего влияния новые территории;

- концентрация больших масс населения;

- интенсивное развитие пригородов и перераспределение населения между городами-центрами и пригородной зоной;

- привлечение сельского населения к несельскохозяйственной деятельности;

- маятниковые миграции и передвижения людей в пределах агломерации на работу, к местам отдыха и культурно-бытового обслуживания.

1.2. Формирование геотехнической системы Санкт-Петербурга

Любые населенные пункты неповторимы и оригинальны своей архитектурой и местоположением, особенностями формирования транспортно-экономических связей и сочетанием различных производств, составом населения и его образом жизни. Наиболее интересным для системного рассмотрения представляется город, так как в этом крупном поселении больше всего отражаются все структурные, экономические, природоохранные и информационные проблемы и особенности, но в то же время он является и наиболее сложным объектом анализа.

Города, как и любые искусственно созданные объекты, всегда взаимодействуют с окружающей их областью природной среды. Существование взаимодействий между такими искусственными и естественными объектами Земли требует совместного рассмотрения взаимодействующих объектов как сложных тел (систем), называемых геотехническими системами.

Геотехническая система (ГТС) – совокупность природных объектов и технических сооружений (комплексов), находящихся в тесной взаимной зависимости (например, искусственное водохранилище со шлюзами и другими техническими сооружениями, ирригационная система, горнодобывающий комплекс). Геотехническая система вместе с зонами влияния ее на окружающую природную среду в пределах одного или нескольких природных ландшафтов образует одну или несколько так называемых технобиогеном, характеризующихся однотипной реакцией на техногенное воздействие.

Исследования городских систем, как эволюционно возникших совокупностей взаимосвязанных природных и искусственных (техногенных) составляющих, объединенных в некоторое территориально-пространственное единство, следует осуществлять на основе анализа динамического равновесия информационных и материально-энергетических характеристик с учетом законов саморазвития и саморегуляции, построения и иерархического функционирования.

Город формируется на базе конкретных объектов приложения труда, имеющих multifunctional характер, его облик в значительной степени определяется традиционными формами трудовой деятельности, которые можно представить как совокупность технологий производства, быта, обслуживания и отдыха. Главенствующая роль среди них принадлежит технологиям процесса производства. Каждый вид указанных технологий предполагает использование материально-энергетических ресурсов с целью получения той или иной продукции или услуги населению, в результате чего наблюдается образование побочных продуктов, загрязняющих окружающую среду, т.е. отходов производства и быта.

Важной характеристикой урбанизированных территорий является зональное разделение города. Условно можно выделить два подхода при зонировании территории городов: биологический и геоэкологический. В первом случае основными критериями подобного разделения являются длительность и сила антропогенного воздействия на популяции растений и животных. Во втором случае исследователи ориентируются на так называемые градообразующие факторы, которые являются основными в процессе создания города и непосредственно влияют на его рост. Соответственно предприятия, обуславливающие возникновение города, значение которых

выходит за его пределы, называют градообразующими предприятиями (промышленные предприятия, крупные транспортные узлы, вокзалы, аэропорты, различные учреждения, санатории и др.). Несмотря на различия, оба подхода, в конечном счете, отражают пространственно-временную неоднородность городской территории по степени антропогенной трансформации среды.

Структура планировки современных городов сложна и многообразна, в связи с чем в ней принято выделять различные функциональные зоны, связанные с реализацией конкретной задачи.

Для размещения промышленных предприятий и связанных с ними объектов предназначается **промышленная** зона.

Проекты формирования и размещения таких зон разрабатываются с учетом градостроительных требований. Наиболее вредные и опасные предприятия располагаются в отдалении от жилой зоны, причем с подветренной стороны. Для улучшения процессов рассеивания выбросов в атмосферу предприятия располагают на более высоких отметках местности, увеличивая тем самым фактическую высоту выброса. Наоборот, предприятия с загрязненными промышленными площадками во избежание смыва загрязнений ливневыми водами на жилую территорию должны размещаться на более низких отметках.

При реконструкции промышленных зон предусматриваются следующие мероприятия:

- упорядочение планировки застройки района с выявлением территориальных резервов для размещения и развития перспективных предприятий, как старых, так и новых;

- ликвидация или перемещение мелких и устаревших предприятий и объектов, не имеющих территориальных резервов для дальнейшего развития, а также предприятий и объектов, оказывающих отрицательное влияние на жилую территорию, соседние предприятия и окружающую природную среду;

- упорядочение транспортных связей в зоне и ликвидация железнодорожных путей, пересекающих магистральные улицы на одном уровне и проходящих по жилым районам и набережным;

- благоустройство и озеленение промышленной территории;

- организация мест стоянки транспорта.

Реализация того или иного производственно-технологического цикла связана с созданием достаточно большого числа рабочих

мест и, следовательно, требует концентрации вблизи производства необходимой численности обслуживающего персонала. Этот персонал необходимо разместить, создав определенные условия проживания, обеспеченные бытовым, транспортным, торговым, культурным, медицинским и другими видами обслуживания.

Так промышленная зона дополняется *селитебной (жилой)* зоной и развитой инфраструктурой.

В результате формируется городская система, системообразующим центром которой являются различного рода технологии (производственные, обслуживания, быта, рекреации и т.д.). Каждая из этих технологий сопровождается образованием различного вида отходов, нарушающих динамическое равновесие окружающей природной среды и загрязняющих ее. Компоненты отходов, попадая в окружающую среду, мигрируют в ней за счет естественных обменных потоков. Кроме того, в процессе миграции они претерпевают определенные трансформации в соответствии с законами физики и химии. Это приводит к региональному загрязнению природной среды в зоне влияния источников отходов. Таким образом, город представляет собой геотехническую систему, сочетающую в себе природные, социальные и техногенные образования и процессы. Ее можно представить схемой, основанной на взаимодействии материально-энергетических потоков различной природы.

1.3. Город как мегаполис

Первым ученым, предложившим рассматривать город как экосистему, был английский географ И. Дуглас. Экосистема (от греческого *oikos* – жилище, местопребывание и *systema* – сочетание, объединение) – экологическая система, совокупность совместно обитающих организмов и условий их существования, находящихся в закономерной взаимосвязи друг с другом и образующих систему взаимоотнобусловленных биотических и абиотических явлений и процессов.

Отличие города от естественных экосистем очевидно. Природные экосистемы объединяют все организмы друг с другом и с внешней средой. Они имеют встроенные стабилизаторы, поддерживающие их равновесие и устойчивость. Изменения в одной части экосистемы сказываются на всех других ее элементах.

Город представляет собой своеобразную экологическую систему, которая включает в себя природную и антропогенную подсистемы. Известный эколог Н.Ф. Реймерс предложил неустойчивую природно-антропогенную систему, состоящую из архитектурно-строительных объектов и резко нарушенных естественных экосистем, называть урбоэкосистемой. В городах естественные стабилизаторы оказываются нарушенными. Город не живет по законам только природы, он является сосредоточением социальной жизни и в этом своем значении он противопоставляется девственной природе. Для защиты от стихийных сил люди строят дома и сложные технические сооружения. Для обеспечения жизненных потребностей жителей разрабатываются системы водоснабжения и водоотведения, прокладываются дороги, развиваются коммуникации.

Природные процессы, исходно свойственные географической среде, в которой возник и развивается город, протекают на территории города под его сильным влиянием.

Среда, окружающая горожанина в этих условиях, – это совокупность абиотической и социальной сред, совместно и непосредственно оказывающих влияние на людей и их хозяйство. Одновременно ее можно делить на собственно природную среду и преобразованную человеком природную среду (антропогенные ландшафты вплоть до искусственного окружения людей – здания, асфальт дорог, искусственное освещение и т. д., т. е. до искусственной среды). В целом же среда городская и населенных пунктов городского типа – это часть техносферы, т. е. биосферы, коренным образом преобразованной человеком в технические и техногенные объекты.

Наряду с наземной частью ландшафта в область хозяйственной деятельности человека попадает и поверхностная часть литосферы, которую принято называть геологической средой. К ней относятся горные породы и подземные воды, на которые оказывает воздействие хозяйственная деятельность человека.

На городских территориях Санкт-Петербурга можно выделить группу систем, отражающую всю сложность взаимодействия зданий и сооружений с окружающей средой, которые связаны с антропогенными ландшафтами, с их геологическим строением и рельефом.

Таким образом, урбоэкосистемы – это население, жилые и промышленные здания и сооружения. Их существование зависит от энергии горючих ископаемых и атомно-энергетического сырья, искусственно регулируется и поддерживается человеком.

Среда урбоэкосистем, как ее географическая, так и геологическая части, наиболее сильно изменена и, по сути, стала искусственной.

Высокая плотность населения в городах требует развития социальных институтов для регулирования отношений между людьми и поддержания порядка. Сегодня все более очевидно то, что созданные людьми технические и институциональные регуляторы не могут обеспечить стабильного и устойчивого развития города. Город как экосистема сам оказывается источником беспорядка в окружающей среде.

Любая экосистема является открытым образованием, она постоянно взаимодействует с внешней средой, обменивается жизненными ресурсами. Особенность городской экосистемы заключается в том, что она представляет собой сверхоткрытую систему. Современный город не может прокормить свое население и существует за счет иных экосистем. Он «дышит чужим воздухом», «пьет чужую воду», «ест чужую биомассу». Помимо потребления природных ресурсов и энергии, стягиваемых с обширных пространств, современный город производит огромное количество отходов, выделяя в окружающую среду продукты своего метаболизма.

Город-«миллионник» ежегодно выбрасывает в атмосферу не менее 10–11 млн т водяных паров, 1,5–2 млн т пыли, 1,5 млн т окиси углерода, 0,25 млн т сернистого ангидрида, 0,3 млн т окислов азота. Именно городские поселения выступают сегодня основными очагами антропогенного возмущения в биосфере.

Город следует относить к неравновесным экосистемам. Его развитие определяется не законами природы, а созидательной и разрушительной деятельностью человека, нарушающей экологический баланс. В пределах городских территорий техногенная нагрузка на природные экосистемы наиболее интенсивна. Здесь на сравнительно ограниченном пространстве сконцентрированы промышленные, гражданские и другие комплексы, одновременно дей-

ствуют все виды антропогенного воздействия: механические, физические, химические, биологические и др. Площадь и степень техногенного поражения природных экосистем на территории городов максимальна. Воздействие города на природную среду можно описать, измерив его «экологический след», т.е. меру нагрузки на природу, которая возникает в результате удовлетворения потребностей городских жителей.

На сегодняшний день экологический след города стал глобальным. Усугубляющаяся экологическая ситуация приводит к тому, что будущее многих городов становится неопределенным. Взаимодействие природы и человека в контексте городской жизни невозможно в полной мере понять, не принимая во внимание политические и экономические процессы. Природа становится объектом коммерческой деятельности, подвергается рыночной оценке. Современный город имеет значение не только как центр промышленного производства. Он значим и в своих иных смыслах – культурном, историческом, социальном. В постиндустриальном обществе акценты все больше смещаются с процесса производства в сторону потребления. Город становится притягательным в силу тех возможностей, которые он предоставляет человеку как потребителю товаров и услуг. Человек живет в городе более насыщенной жизнью, у него есть больше возможностей реализовать себя, интересно провести досуг, но за все это он платит стрессами, ухудшением здоровья и сокращением продолжительности жизни. Стремление к созданию более комфортных условий имеет обратной стороной увеличение нагрузки на природу, а также рост социального неравенства и напряжения в городе. Возможность жить в экологически чистых районах города имеют состоятельные граждане, а места повышенной загрязненности оказываются уделом бедных и обездоленных. Таким образом, анализируя город как целостную экосистему, необходимо учитывать сложное взаимодействие природных и социальных компонентов.

На данный момент именно города играют важную роль в мировой экономике, являясь главным поставщиком ресурсов. По оценкам McKinsey Global Institute (MGI), более 600 мегаполисов на планете сегодня обеспечивают до 60% мирового ВВП. Население горо-

дов постоянно растет, уже сегодня большее количество людей живет в городах, чем в сельских поселениях, и эта тенденция сохраняется. Согласно выводам специалистов Программы ООН по населенным пунктам (UN-HABITAT), к 2050 году 86% населения развитых стран будет сосредоточено в городах.

На данный момент существуют расчеты экологической, хозяйственной и психологической потребностей людей в территории. В среднем природные ландшафты, измененные человеком территории (преимущественно сельскохозяйственные) и урбанизированные зоны (включая производственные, транспортные и другие инженерно-технические объекты) должны соотноситься, как 5:4:1. В соответствии с рекомендациями ООН леса на Земле должны занимать 50%, сельскохозяйственные земли 45% и застройка – 5% территории. Соотношение указанных территорий будет разным в различных природно-экономических зонах, однако, баланс этих территорий в масштабе планеты должен быть близким к указанному выше, чтобы среда обитания человека была в состоянии противостоять техногенным воздействиям. Нарушение этого соотношения приводит к деградации природных экосистем и ухудшению условия существования человека.

1.4. Транспортные потоки городов и их воздействие на окружающую среду

Транспорт в городских условиях играет уникальную роль, связывая все важнейшие сферы материального производства в единую систему хозяйственной деятельности. Ни одна из них не может развиваться без тех или иных видов транспорта.

В настоящее время роль транспорта стала сопоставима с природными процессами перемещения веществ. Для примера, годовой сток взвешенных наносов Волги составляет в среднем 18 млн т, а перевозки грузов по этой реке достигли в конце XX в. 300 млн т.

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 %.

Развитие различных видов транспорта, особенно автомобильного, прокладка автотрасс привели к многократному увеличению прямого и косвенного воздействия транспорта на людей.

Обусловленные функционированием транспорта неблагоприятные экологические факторы (вредные газы, шум, вибрация и др.), воздействуют не только на пассажиров, но и на множество людей, которые находятся вне транспортных средств и коммуникаций.

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 непосредственно, 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.

Общий мировой парк автомобилей быстро приближается к 1,5 миллиардам штук. Его рост является одним из немногих показателей развития цивилизации, который заметно опережает прирост населения планеты и даже энергии. Подсчитано, что выставленные бампер к бамперу автомобили (со средней длиной 5 м и шириной 2 м составили бы цепочку длиной более 4 млн км (сто экваторов Земли и более чем 10-кратное расстояние до Луны), а суммарная площадь, занятая автомобилями, превысила бы 8 тыс. км².

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.

В наиболее развитой автомобильной стране мира – США – на их производство расходуется пятая часть производимой в стране стали. Таким образом, автомобильная промышленность является одной из наиболее ресурсопотребляющей отраслью экономики. Автомобиль забирает из атмосферного воздуха его самый ценный для живых организмов компонент – кислород, а взамен выбрасывает в него ядовитые выхлопные газы, а также углеводороды (из-за испа-

рения их топливных баков). Так, современный автомобиль для сжигания 1 кг бензина расходует 12 м³ воздуха (~2,5 м³ кислорода). Для сравнения; взрослый человек потребляет в сутки 15,5 м³ воздуха, в котором содержится около 3 м³ кислорода. Подсчитано, что автомобильный транспорт США поглощает кислорода больше, чем его генерирует растительность на всей территории страны. В городах, особенно крупных и насыщенных автотранспортом (в одной Москве автомобилей около 5 млн единиц), кислорода сжигается намного больше, чем потребляет их население.

Повсюду, где эксплуатируется автомобиль, в воздух поступает большое количество вредных веществ.

Согласно проведенным исследованиям в городских агломерациях 92–95 % загрязнения воздуха дает автомобильный транспорт, а прочие отходы хозяйственной деятельности составляют лишь 7 %. 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, Санкт-Петербург, Екатеринбург, Ростов-на-Дону, Воронеж, Краснодар, Пенза, Тюмень и др.).

Выхлопные газы двигателей внутреннего сгорания (ДВС) содержат огромное количество токсичных соединений – бенз(а)пирена, альдегидов, оксидов азота и углерода.

Наибольшее количество вредных веществ в составе отработавших газов образуется при неотрегулированной топливной системе автомобиля.

Компонентный состав и удельные выбросы ЗВ зависят от вида потребляемого топлива.

Несмотря на большой выброс ЗВ 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 класса опасности.

Автомобиль загрязняет атмосферный воздух не только токсичными компонентами отработанных газов, парами топлива, но и продуктами износа шин, тормозных накладок. В городские водоемы и

почву попадают топливо и масла, моющие средства и грязная вода после мойки, сажа. Наибольший ущерб здоровью наносят машины, стоящие в непосредственной близости от жилых зданий.

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.

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.

Сами автомобили представляют прямую угрозу для здоровья и жизни людей. В результате автотранспортных происшествий в мире ежегодно погибают около 300 тыс. человек, в том числе в России – около 28 тыс. Автомобиль служит причиной разнообразных заболеваний, обусловленных малоподвижным образом жизни водителей, их психическими нагрузками и стрессом. Постоянная напряженность за рулем вызывает боли в области спины, шеи, повышение кровяного давления, язвенную болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки.

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

В *первую* 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 *вторую* группу включен оксид углерода (ПДК_{м.р.} 5,0 мг/м³; 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. Последствия воздействия зависят от концентрации оксида углерода в воздухе; так, при концентрации 0,05 % через 1 ч появляются признаки слабого отравления, а при 1 % наступает потеря сознания после нескольких вдохов. 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 *третью* группу входят оксид азота NO (ПДК_{м.р.} 0,4 мг/м³, III класс) – бесцветный газ и диоксид азота NO₂ (ПДК 0,2 мг/м³, III класс) – газ красновато-бурого цвета с характерным запахом. Попадая в организм человека, они образуют азотистую и азотную кислоты (ПДК 0,4 мг/м³, II класс).

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 *четвертую*, наиболее многочисленную группу, входят различные углеводороды, то есть соединения типа C_xH_y. В отработавших газах содержатся углеводороды различных гомологических рядов: парафиновые (алканы), нафтеновые (цикланы) и ароматические (бензольные), всего около 160 компонентов. Они образуются в результате неполного сгорания топлива в двигателе.

Несгоревшие углеводороды являются одной из причин появления белого или голубого дыма. Это происходит при запаздывании воспламенения рабочей смеси в двигателе или при пониженных температурах в камере сгорания.

Углеводороды токсичны и оказывают неблагоприятное воздействие на сердечно-сосудистую систему человека. Углеводородные

соединения отработавших газов, наряду с токсическими свойствами, обладают канцерогенным действием. Канцерогены – это вещества, способствующие возникновению и развитию злокачественных опухолей.

К наиболее опасным из них относится бенз(а)пирен ($C_{20}H_{12}$) (ПДК_{с.с.} 0,000001 мг/м³, I класс) – мощный канцероген. Он хорошо растворяется в маслах, жирах, сыворотке человеческой крови. Накапливаясь в организме человека до опасных концентраций, бенз(а)пирен стимулирует образование злокачественных опухолей.

Углеводороды под действием ультрафиолетового излучения Солнца вступают в реакцию с оксидами азота, в результате образуются новые токсичные продукты – фотооксиданты, являющиеся основной «смога» (от англ. *smoke* – дым и *fog* – туман).

Главным токсичным компонентом смога является озон. К фотооксидантам также относятся угарный газ, соединения азота, перекиси и др. Фотооксиданты биологически активны, оказывают вредное воздействие на живые организмы, ведут к росту легочных и бронхиальных заболеваний у людей, разрушают резиновые изделия, ускоряют коррозию металлов, ухудшают условия видимости.

Впервые появление смога было зафиксировано в Лос-Анджелесе в конце 1940-х годов. Причиной его явилось чрезмерное загрязнение воздуха промышленными и транспортными выбросами. В 1952 году явление смога наблюдалось в Лондоне. Оно вызвало катастрофические последствия: его жертвами стали около 4000 человек, погибших из-за увеличения числа респираторных заболеваний под воздействием смога.

Впоследствии смог периодически появлялся во многих крупнейших городах мира. По характеру действия стали выделять две разновидности смога: лос-анжелесского типа, сухой, и лондонского типа, влажный.

В пятую группу входят альдегиды. Наиболее опасны для человека акролеин и формальдегид. Проп-2-ен-1-аль (акролеин) – альдегид акриловой кислоты (ПДК_{м.р.} 0,03 мг/м³, II класс). 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_{м.р.} 0,05 мг/м³, II

класс) – 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 *шестую* группу входит углерод – сажа (ПДК_{м.р.} 0,15 мг/м³, III класс), 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, 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 *седьмую* группу входят сернистые соединения – такие неорганические газы, как диоксид серы (SO₂), сероводород (H₂S), которые появляются в составе отработавших газов двигателей, если используется топливо с повышенным содержанием серы. Значительно больше серы присутствует в дизельных топливах по сравнению с другими видами топлив, используемых на транспорте.

Для отечественных месторождений нефти (особенно в восточных районах) характерен высокий процент присутствия серы и сернистых соединений. Поэтому и получаемое из нее дизельное топливо по устаревшим технологиям отличается более тяжелым фракционным составом и вместе с тем хуже очищено от сернистых и парафиновых соединений. Наличие серы усиливает токсичность отработавших газов дизелей и является причиной появления в них вредных сернистых соединений.

Сернистые соединения обладают резким запахом, тяжелее воздуха, растворяются в воде. Оказывают раздражающее действие на слизистые оболочки горла, носа, глаз человека, могут привести к нарушению углеводного и белкового обмена и угнетению окислительных процессов, при высокой концентрации (свыше 0,01%) – к отравлению организма. Сернистый ангидрид губительно воздействует и на растительный мир.

Отдельно можно выделить еще одну группу – *восьмую* – группу дисперсных частиц, образующуюся при эксплуатации автотранспорта (см. подразд. 1.5).

На фоне постоянно все увеличивающегося числа передвижных единиц транспорта, эксплуатируемых населением городов, растет количество выбросов парниковых газов, формируемых в процессе эксплуатации транспортных средств, что оказывает прямое воздействие на процессы, связанные с изменением климата. В последние десятилетия наблюдается устойчивый рост объемов выбросов ПГ, при этом деятельность транспортного комплекса является основным фактором формирования выбросов ПГ по различным секторам экономики. В 2015 году в рамках Рамочной конвенции ООН об изменении климата (РКИК), в ходе Конференции по климату в Париже было подготовлено соглашение, ставшее своеобразной заменой Киотскому протоколу. В 2020 году принято Парижское соглашение, ратифицированное Российской Федерацией, целью которого является недопущение роста средней глобальной температуры на 2 °С. В рамках данного соглашения, странам участникам необходимо провести оценку выбросов ПГ по секторам экономики, оценить вклад в формирование выбросов ПГ и, имея представление об объемах выбросов, реализовать наиболее эффективные мероприятия, направленные на снижение выбросов ПГ.

Парниковый эффект возникает, когда парниковые ПГ, свободно пропускающие видимый солнечный свет к поверхности Земли, поглощают или рассеивают тепловое излучение, исходящее от Земли в космическое пространство.

Среди ПГ антропогенного происхождения основными считаются: углекислый газ (CO_2), метан (CH_4), закись азота (N_2O), хлорфторуглероды (ХФУ), шестифтористая сера (SF_6), трифторид азота (NF_3), озон (O_3), угарный газ (CO), неметановые углеводороды (NMHC), оксиды азота (NO_x), диоксид серы (SO_2) и водяной пар (H_2O).

В радиационном воздействии на климатическую систему доминирующая роль принадлежит долгоживущим ПГ – углекислому газу (CO_2), метану (CH_4), закиси азота (N_2O) и хлорфторуглеродам (ХФУ), которые химически стабильны и сохраняются в атмосфере от десяти лет до нескольких столетий, поэтому их выбросы оказывают долговременное воздействие на климат. Они перемешиваются в атмосфере гораздо быстрее, чем удаляются, и их глобальные кон-

центрации можно точно оценить по данным из нескольких наблюдательных станций. Следует отметить, что транспортный комплекс формирует в основном выбросы первых трех вышеперечисленных компонентов, и в городах, особенно крупных, доля выбросов, указанных ПГ, связанных с эксплуатацией транспортных средств, может составлять до 80 % от общего количества источников, формируемых выбросы ПГ.

Вот почему необходимо научиться производить расчет выбросов ЗВ от автотранспорта и выполнять оценку их воздействия в условиях урбоэкосистем крупных городов и агломераций.

1.5. Выбросы твердых дисперсных частиц от автотранспорта

Твердые дисперсные частицы, обнаруживаемые в атмосфере, имеют различное происхождение, а также разнообразный химический и морфологический состав, обладают разными физическими характеристиками.

Различают следующие размерные фракции частиц:

- TSP (сумма взвешенных веществ) – все находящиеся в воздухе частицы;
- PM₁₀ – частицы с аэродинамическим диаметром менее 10 мкм (от 10 до 2,5 мкм так называемая грубая фракция);
- PM_{2,5} – частицы с аэродинамическим диаметром менее 2,5 мкм (менее 2,5 мкм так называемая мелкая фракция).

Частицы делятся на монодисперсные, которые состоят из частиц одного и того же размера и полидисперсные – состоящие из частиц разных размеров. Монодисперсные аэрозоли на практике встречаются очень редко. Аэрозоли бывают гомогенные и гетерогенные. Гомогенный аэрозоль состоит из химически одинаковых частиц. Негомогенный (гетерогенный) аэрозоль состоит из частиц различного химического состава.

В крупных городах твердые дисперсные частицы образуются от следующих источников:

- автотранспортный комплекс (АТК): выбросы с ОГ автотранспортных средств (преимущественно дизельного), продукт износа дорожного полотна, продукт износа шин автомобилей, продукты износа тормозных колодок автомобилей, пыление при производстве

строительных работ, ремонт автомобильных дорог, вынос грязи с колес грузовиков, въезжающих в город из сельской местности;

- эрозия почвенного покрова возле дорог;
- отрасли промышленности (энергетика, строительство, сварочные работы и пр.);
- жилищно-коммунальное хозяйство;
- пыление естественных источников;
- прочие источники.

Вклад АТК в загрязнение воздуха твердыми дисперсными частицами составляет до 80 %.

Наибольшее количество в компонентном составе твердых частиц (более 70%) составляет черный углерод (ЧУ), сажа, который в 2012 году был включен в конвенцию ЕЭК ООН «О трансграничном загрязнении воздуха».

Черный углерод (сажа) представляет собой твердые частицы размером менее 2,5 мкм, образующиеся в результате неполного сгорания топлива.

Частицы сажи поглощают энергию солнечного света и преобразуют ее в тепловую энергию. Их количество зависит от типа горючего, вида горения, эффективности технологий или мер по контролю выбросов. В результате попадания в атмосферу и оседания на снежных или ледяных поверхностях ЧУ вызывает изменения глобальной температуры, таяние снега и льда, смену режима осадков.

Сгорание традиционного моторного топлива, твердого биотоплива в целях обогрева и приготовления пищи, горение биомассы в результате лесных пожаров и сельскохозяйственной деятельности служат причиной почти 85% глобальных выбросов сажи.

Суммарное тепловое воздействие сажевых частиц с учетом изменения отражательной способности светлых поверхностей, по данным МГЭИК, составляет 0,44 Вт/м², что ставит ее на третье место после углекислого газа и метана среди веществ, оказывающих влияние на изменение климата.

Черный углерод известен как кратковременный климатический фактор, так как он оказывает сильное влияние на процессы глобального потепления, но не сохраняется в атмосфере так долго, как ди-

оксид углерода (CO_2). Однако более поздние исследования показали, что черный углерод воздействует в 680 раз больше на потепление, чем углекислый газ. Так, в частности, в глобальном исследовании причин таяния ледников с уменьшением массы льда на полюсах, приводящего к повышению уровня моря, предопределяет необходимость уменьшения выбросов ЧУ, и поэтому является сегодня важнейшей задачей в борьбе с изменением климата.

Другими основными источниками образования частиц менее 10 мкм являются тормозные колодки автотранспорта. Материал износа тормозов в большой степени зависит от производителя, назначения применения (легковой автомобиль, грузовой автомобиль, гоночный автомобиль и пр.). Как правило, накладки состоят из металлов (Fe, Cu, Pb, Zn и др.), связанных друг с другом с помощью материалов на основе кремния.

Также твердые частицы, попадающие в атмосферный воздух городов, образуются в результате износа покрышек автотранспорта. Многократно повторяющиеся воздействия покрышек с дорожным полотном приводят к разрушению и отделению частиц износа с поверхности трения за счет фрикционно-контактной усталости материала.

На интенсивность износа влияют: конструкция шины, рисунок протектора, состав резины, скорость движения (увеличение скоростей повышает динамические нагрузки, интенсивность ударов, а также истирающие усилия, действующие на поверхность покрытия), техническое состояние автомобиля, нагрузка на колесо, давление воздуха в шине, температура воздуха и шины, стиль и мастерство вождения. Доля ДЧ менее 10 мкм от износа шин АТС от общей массы пыли достигает 60 %.

Частицы от износа покрышек в основном состоят из соединений, которые используются во время производства покрышек. Согласно результатам оценки, приведенной в работе Hildemann и др. (1991), частицы покрышек состоят на 29% из элементарного углерода и на 58% из органического вещества. При этом наиболее широко распространенным металлом является цинк, так как оксид цинка (ZnO) является наиболее важной присадкой, выступающей в качестве вулканизирующей добавки в производственном процессе

изготовления автомобильных покрышек для получения необходимых эксплуатационных характеристик и достижения желаемых свойств.

Как правило, концентрация ZnO в протекторе покрышки варьируется в диапазоне от 1,2% для легковых автомобилей и до 2,1% – для грузовых.

Еще одним источником поступления твердых дисперсных частиц является износ дорожного покрытия.

Наибольшее количество пыли создается на грунтовых и гравийных дорогах. Дороги с покрытием из зернистых материалов (гравийные) образуют пыль, состоящую, в основном, из диоксида кремния. На грунтовых дорогах пыль состоит на 90 % из кварцевых частиц, остальную долю составляют оксиды алюминия, железа, кальция и др. Валовой выброс пыли на автомобильных дорогах без капитального покрытия (грунтовых общего пользования, гравийных, щебеночных) составляет свыше 56 тыс. т в год. На дорогах с асфальтобетонным покрытием в состав пыли дополнительно входят продукты износа вяжущих битумсодержащих материалов, частицы краски или пластмассы от линий разметки дороги на полосы.

К основным факторам износа асфальтобетонных покрытий относятся механические воздействия от движения автомобилей, метеорологические условия (влажность, температура, осадки), конструкция и материалы дорожных покрытий, технологии содержания и ремонта покрытий. Движение автомобилей в сочетании с природно-климатическими и эксплуатационными (химические реагенты) факторами усиливает механический или физико-химический износ покрытия.

Вода способствует ослаблению прочных связей частиц минеральной части асфальтобетона, которые скреплены тонкой пленкой битума, тем самым происходит более интенсивный отрыв и унос частиц в момент его истирания, особенно при небольших значениях положительных температур (близких к нулю). На износ асфальтобетона очень существенное влияние оказывает тип, вязкость и качество вяжущего материала в его составе, а также точное дозирование вяжущего.

Все без исключения твердые дисперсные частицы отвечают за побочное воздействие на здоровье населения, особенно те частицы,

размеры которых ниже 10 мкм, так как они могут проникать глубоко в дыхательные системы человека.

Пыль создает предпосылки возникновения дорожно-транспортного происшествия в момент начала дождя. Мелкие сухие частицы пыли насыщены воздухом и не сразу пропитываются влагой. Поэтому первые капли дождя не смачивают частицы пыли, и пока дождь не усилится, они не смываются с дороги. В результате образуется грязь, и коэффициент сцепления шин с дорогой резко снижается. Торможение в таких условиях может привести к блокировке колес, заносу и вызвать ДТП.

Экологические последствия запыленности отражаются на людях, находящихся вблизи от дороги, водителях и пассажирах транспортных средств, которые вместе с воздухом вдыхают огромное количество пылевидных частиц, нанося вред организму.

Пыль оседает также на растительности. Страдают от нее и обитатели придорожной полосы. Леса и лесопосадки вдоль дорог угнетаются. Сельскохозяйственные культуры, посаженные вблизи дорог, накапливают вредные вещества, содержащиеся в пылевых выбросах и отработавших газах.

1.6. Загрязнение мегаполиса стационарными источниками автомобильного транспорта

Загрязнение окружающей среды на транспорте происходит от производств, обеспечивающих ремонт транспортных средств, вспомогательных производств, зданий и сооружений хозяйственно-бытового назначения (котельных, гостиниц, вокзалов, столовых, заправочных станций, топливных складов), мест стоянок транспорта. От этих источников загрязнения поступают в атмосферу, и формируется поверхностный сток, включающий дождевые и талые снеговые воды, воды от мойки подвижного состава и уборки помещений, сточные воды, образующиеся в производственных процессах.

Газообразные выбросы попадают в воздух чаще всего в результате работы производственных вентиляционных систем. Отличительной особенностью этих выбросов является наличие в них большого количества минеральной и органической пыли, аэрозолей, масляного тумана.

Поверхностные стоки с территорий транспортных предприятий содержат жидкие нефтепродукты, остатки моющих, дезинфицирующих, реагентов, формовочных смесей, растворов, используемых в металлообработке, отработанные электролиты аккумуляторных батарей, продукты разрушения искусственных покрытий и износа шин. Сточные воды содержат жидкие токсичные вещества: бензол, ацетон, кислоты, щелочи, растворенные металлы (алюминий, бериллий, хром и др.), нефтепродукты.

Бензол (C_6H_6) – бесцветная жидкость, используется как растворитель, например, масляных красок, жиров. Оказывает острое местное раздражающее воздействие. Кроме того, он всасывается кожей и вызывает общетоксическое действие на организм. В водоемах, загрязненных бензолом, рыба приобретает неприятный запах при концентрации 10 мг/л.

Ацетон (CH_3COCH_3) – легкоиспаряющаяся бесцветная жидкость, является растворителем нитроцеллюлозных красок и лаков, малотоксичное вещество, оказывающее лишь местное раздражающее действие на кожу и слизистые оболочки. На санитарный режим водоемов, в которые происходит сброс, практически не оказывает воздействия.

Кислоты и щелочи, поступающие с поверхностными стоками в водоемы, изменяют их кислотность и тем самым влияют на условия обитания водных организмов, состав и численность популяций. Так, щелочные воды при pH выше 9,5 представляют непосредственную опасность для рыб, воды при pH 8,6 – 9,5 проявляют угнетающее воздействие на рыб по прошествии длительного времени, подкисленные воды при pH 6,4–5,0 опасны для рыб при одновременном наличии в водоеме солей железа.

Высокотоксичные металлы: свинец, мышьяк, кадмий, ртуть, содержащиеся в производственных сточных водах, могут попасть в организм человека с питьевой водой, что приведет к отравлениям. Некоторые редкие металлы: молибден, галлий, германий менее опасны, но усиливают действие других загрязняющих веществ на организм.

Такие металлы, как свинец, цинк, медь, хром, мышьяк, проявляют накопительное действие, то есть не выводятся из организма и увеличивают свое токсическое проявление по мере накопления. Эти

металлы накапливаются также в почве и растениях при попадании на них поверхностных стоков.

В промышленных сточных водах транспортных предприятий, особенно заводов, часто содержатся соединения алюминия, бериллия, хрома и других цветных металлов. Соединения бериллия и хрома являются высокотоксичными. Нерастворимые в воде соединения алюминия считаются нетоксичными. Растворимые соли алюминия – хлориды, сульфаты, нитраты, попадая с питьевой водой в живые организмы, оказывают ядовитое воздействие. Они накапливаются в тканях организма. Соединения алюминия задерживают процессы самоочищения водоемов.

Другое отрицательное воздействие металлов в поверхностных стоках – коррозия металлических канализационных труб, которая приносит очень большой экономический ущерб.

Нефтепродукты при попадании со сточными водами в водоемы вызывают глубокие изменения в составе водных биоценозов. Это обусловлено проникновением нефтепродуктов во все слои водоема: одна часть их компонентов оседает на дно, другая находится в виде суспензий и эмульсий в толще воды, а остальные – в молекулярно-растворенном состоянии. Поэтому все водные организмы, где бы они ни обитали, испытывают на себе отрицательное воздействие нефтепродуктов. Водные растения, покрытые нефтяной пленкой, не пригодны для нереста рыб. Сама рыба в воде, содержащей нефтепродукты в количестве свыше $0,1 \text{ мг/дм}^3$, приобретает запах нефти через 1 – 3 суток пребывания в ней. Поверхностная нефтяная пленка пропитывает перья птиц, сажащихся или ныряющих в воду, они не могут взлететь и погибают.

Все ядовитые загрязняющие вещества от подвижных и стационарных источников по степени опасности делятся на 4 класса:

- 1 – чрезвычайно опасные (тетраэтилсвинец, свинец, ртуть и др.);
- 2 – высоко опасные (марганец, медь, серная кислота, хлор и др.);
- 3 – умеренно опасные (ксилол, метиловый спирт и др.);
- 4 – малоопасные (аммиак, бензин топливный, керосин, оксид углерода, скипидар, ацетон и др.).

Испарения бензина в атмосферу возникают не только в подвижных источниках, но и в стационарных, к которым, в первую очередь, следует отнести автозаправочные станции (АЗС). Они получают,

хранят и реализуют бензин и другие нефтепродукты в больших количествах. Это является серьезным каналом загрязнения окружающей среды как в результате испарений топлива, так и в результате разливов.

Гораздо большую экологическую опасность представляют сети контейнерных автозаправочных станций (КАЗС), которые по сравнению со стационарными АЗС, представляют гораздо большую экологическую и пожарную опасность.

Наибольший вред могут принести резервуары КАЗС, заполненные топливом на 60 % и менее, так как внутри них образуется взрывоопасная концентрация паров бензина с воздухом.

При заполнении резервуаров АЗС бензином в атмосферу вытесняются в большом количестве пары бензина – это так называемое «большое дыхание» резервуара. При суточных температурных колебаниях (ночь – день) также происходит выделение паров бензина, но в меньшем количестве, – это называется «малое дыхание» резервуара.

Ориентировочные расчеты потерь бензина показали, что при «большом дыхании» резервуара объемом 20 м³ в атмосферу испаряется зимой 11 л, а летом – 23 л бензина. При ежесуточном однократном заполнении резервуара в течение месяца в атмосферу попадет зимой 330 л бензина, а летом – 690 л. Таким образом, среднегодовые потери бензина из одного резервуара составляют 6 т. Учитывая количество КАЗС в конкретном регионе, можно определить степень загрязнения воздуха летучими углеводородными соединениями бензина.

Загрязнение атмосферы по «вине» автомобильного транспорта происходит, кроме того, в результате функционирования авторемонтных предприятий, асфальтобетонных заводов, баз дорожной техники и других объектов инфраструктуры транспорта. В составе выбросов асфальтобетонных заводов содержатся канцерогенные вещества из-за отсутствия или несовершенства очистного оборудования.

Основную массу твердых отходов, ежегодно образующихся в автотранспортном комплексе, составляют отработавшие свой срок автопокрышки – 1160 тыс. т, свинцовые аккумуляторы – до 200 тыс. т, отходы пластмасс – 60 тыс. т.

Все эти загрязнения попадают и в прилегающие водоемы, действуя отрицательно на растительность, рыб и других обитателей, накапливаясь в донных отложениях. Туда же попадает поверхностный сток с автодорог, содержащий в основном соли соляной кислоты или хлориды и другие противогололедные реагенты.

По статистическим данным, в РФ средний сброс хлоридов со стоками и снегом за пределы дорог составляет около 500 тыс. т в год. Предприятиями автомобильного транспорта также сбрасываются в поверхностные водоемы сточные воды, содержащие в основном взвешенные вещества и нефтепродукты.

Под автодороги отчуждаются значительные земельные площади. Так, на строительство 1 км современной автомагистрали требуется до 10–12 га площади. Помимо этого, дополнительные площади отводятся для технологических целей: устройства складов хранения строительных материалов, мест стоянок транспортной техники, размещения снятого с дороги грунта, постройки временных сооружений и подъездов и т.д. Особенно большие площади занимают транспортные развязки: от 15 га при пересечении двухполосных дорог до 35 га при пересечении магистралей с шестью полосами движения.

1.7. Физические воздействия автотранспорта на мегаполис

Усиление экологической напряженности во многих крупных городах и регионах России связано с шумовым воздействием автомобильного транспорта. Шум больше всего беспокоит жителей крупных городов, особенно проживающих вдоль автомагистралей. Шумовое неудобство создают также открытые автостоянки, расположенные в районах жилой застройки.

Шумом называются любые нежелательные для человека звуки, мешающие труду или отдыху, создающие акустический дискомфорт.

На уровень шума влияет ряд факторов:

– *интенсивность транспортного потока* (наибольшие уровни шума регистрируются на магистральных улицах больших городов при интенсивности движения 2000 – 3000 авт/ч. Так, в Москве по основным радиальным и кольцевым магистралям проходят 5000 – 7000 авт/ч и более. По данным опросов, автотранспортные шумы

ощущают 2 млн жителей столицы, железнодорожные шумы в черте города – 500 тыс. человек. Повышенную шумовую нагрузку испытывает примерно треть территории Москвы. Автотранспорт как основной источник шума в городах вызывает у 60 % населения различные болезненные реакции);

- *скорость транспортного потока* (при увеличении скорости транспортных средств происходит возрастание шума двигателей, шума от качения колес по дороге и преодоления сопротивления воздуха);

- *состав транспортного потока* (грузовой транспорт создает большее шумовое воздействие по сравнению с пассажирским, поэтому возрастание доли грузового подвижного состава в транспортном потоке приводит к общему возрастанию шума);

- *тип двигателя* (сравнение двигателей соизмеримой мощности позволяет провести их ранжирование по возрастанию уровня шума – электродвигатель, карбюраторный двигатель, дизель, паровой, газотурбинный двигатель);

- *тип и качество дорожного покрытия* (наименьший шум создает асфальтобетонное покрытие, затем по возрастающей – брусчатое, каменное и гравийное. Неисправное дорожное покрытие любого типа, имеющее выбоины, раскрытые швы и нестыковки поверхностей, а также ямы и проседания создает повышенный шум);

- *планировочные решения территорий* (продольный профиль и извилистость улиц, наличие разноуровневых транспортных развязок и светофоров влияют на характер работы двигателей, а следовательно, и на создаваемый шум. Высота и плотность застройки определяют дальность распространения шума от магистралей. Так, ширина зон акустического дискомфорта вдоль магистралей в дневные часы может достигать 700 – 1000 м в зависимости от типа прилегающей застройки);

- *наличие зеленых насаждений* (вдоль магистралей с обеих сторон предусматривают санитарно-защитные зоны, в которых высаживают деревья. Лесопосадки препятствуют распространению шума на близлежащие территории).

- *Интенсивность* характеризует величину звукового давления, которое оказывают звуковые волны на барабанную перепонку уха человека, и измеряется в децибелах (дБА). Оценка интенсивности

шума ведется по шкале А стандартного шумомера (имеются также шкалы В и D). Шкала А строится на логарифмах отношений данной величины звука к порогу слышимости.

Значения шума, возникающего при движении транспортных средств, которому подвергаются водители и пассажиры, а также люди, оказавшиеся поблизости от движущегося транспорта, представлены в табл. 1.

Таблица 1

Интенсивность шума от транспортных средств

Наименование транспортного средства	Интенсивность, дБА
Легковой автомобиль	70 – 80
Автобус	80 – 85
Грузовой автомобиль	80 – 90
Поезд метрополитена	90 – 95
Железнодорожный состав (в 7 м от колеи)	95 – 100
Железнодорожный состав (у колес)	125 – 130
Реактивный самолет на взлете	130 – 160

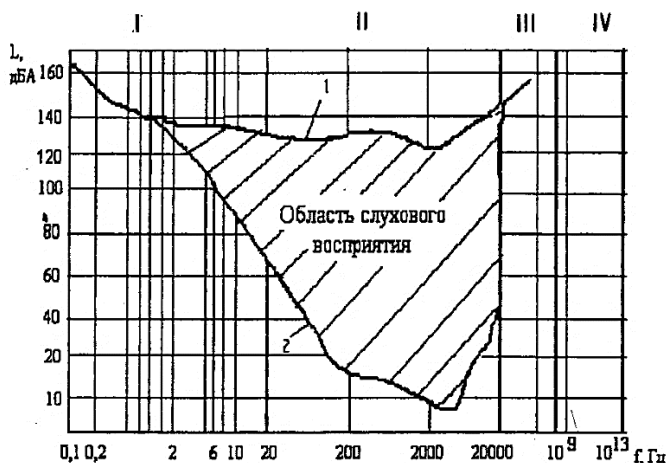
Внутри транспортных средств уровни шума ниже: в салоне автомобиля – около 60 дБ, в пассажирских вагонах поездов – до 68 дБ. При наборе скорости автомобилем, открывании и закрывании дверей наблюдается резкое возрастание шума – до 100 дБ.

Высота звука – второй показатель воздействия шума, определяется частотой колебаний среды и измеряется в герцах (Гц). 1 Гц равен 1 колебанию в секунду. В зависимости от частоты звуковые колебания подразделяются на:

- инфразвуковые (низкочастотные) с частотами менее 20 Гц;
- акустические (слышимые) с частотами от 16 – 20 до 20 000 Гц;
- ультразвуковые (высокочастотные) с частотами от 20000 до 10^9 Гц;
- гиперзвуковые (сверхвысокочастотные) с частотами 10^9 – 10^{13} Гц.

Границами области слухового восприятия (ОСВ) звуков являются (рис. 1):

- кривая 1 – болевой порог, характеризующийся наименьшей силой звука, при которой возникает неприятное ощущение, переходящее в чувство боли;
- кривая 2 – порог слышимости, соответствующий наименьшей силе звука, воспринимаемого ухом при данной частоте.



*I – инфразвуковая, II – акустическая, III – ультразвуковая,
IV – гиперзвуковая*

Рис. 1. Области звуковых колебаний

Из рис. 1 следует, что ухо человека воспринимает звуковые колебания большого диапазона частот. При превышении значений предела порога слышимости слуховой аппарат вместе со слуховым центром мозга может воспринимать звуковые колебания не только акустического, но ультразвукового и инфразвукового диапазонов.

Значительное физиологическое воздействие на организм человека оказывают неслышимые инфразвуки, особенно имеющие большие амплитуды колебаний, которые входят в резонанс с колебаниями внутренних органов и могут ощущаться как боль в ухе. В естественных экосистемах инфразвуковые колебания возникают при землетрясениях, ураганах, штормах и других природных катаклизмах. В искусственных экосистемах они проявляются при работе машин и механизмов.

Много источников инфразвука имеется на транспорте. С ним сопряжена работа компрессорных установок, тормозных систем поездов и грузовых автомобилей, тяговых электродвигателей, дизелей, газовых турбин и т.д.

В транспортных процессах инфразвуку, как правило, сопутствуют высокочастотные звуки акустического диапазона, поэтому инфразвук мало ощутим, но от этого не становится менее опасным.

Выделяют пороги инфразвукового воздействия.

Воздействие инфразвуком с диапазоном колебаний 180 – 190 дБ (порог опасности) приводит к смерти даже при кратковременном воздействии.

Порог потенциальной опасности для жизни человека представляют инфразвуки интенсивностью 155 – 180 дБ. Они приводят к психофизиологическим отклонениям, которые трудно излечимы.

Порог переносимости инфразвука – 140 – 155 дБ. При длительном действии такого инфразвука в организме развиваются психофизиологические отклонения от нормы, которые носят устойчивый характер.

Порог безопасности считается при уровне инфразвука 90 дБ.

Акустический диапазон включает шумы производственные и бытовые, непрерывные и импульсные. Большую величину шумового воздействия создают транспортные средства. Шум уличного движения в больших городах, авиационный и от движения железнодорожных составов дают основной вклад в шумовой фон города. В акустическом диапазоне высокочастотные шумы считаются более вредными. Транспортные средства создают преимущественно низко- и среднечастотный спектр шума. Например, при движении поезда высота звуков обычно составляет 500 – 800 Гц.

Ультразвук также вреден для человека, но его воздействие проявляется реже. Ультразвук не слышен человеку, но воспринимается и издается некоторыми животными (летучие мыши, рыбы, насекомые, птицы и др.). Он представляет собой механические колебания в газах, жидкостях и твердых телах. Используется в производственных процессах при металлообработке в ультразвуковых установках, для получения эмульсий, сушки, очистки, сварки, для целей дефектоскопии, навигации, подводной связи. Ультразвук возникает при работе станков, ракетных и иных двигателей. Влияние ультразвука

низкочастотного диапазона, характерного для промышленного производства, оказывает действие на организм человека не только в зоне контакта, но и на всю поверхность тела и на вестибулярный аппарат. Даже небольшие дозы ультразвукового облучения этого диапазона при длительных и многократно повторяющихся воздействиях вызывают у работающих слабость, сонливость, снижение работоспособности.

Гиперзвук представляет упругие волны, сходные с ультразвуком. Получают его искусственно, генерируя с помощью специальных излучателей. Распространяется только в кристаллах, в воздухе сильно поглощается. Для транспортных процессов не характерен.

Продолжительность шумового воздействия – третий показатель влияния шума. Большая продолжительность воздействия шума оказывает вредное влияние на слух и общее здоровье человека.

В условиях сильного шума возникает опасность снижения и потери слуха, которая во многом обусловлена индивидуальными особенностями человека. Некоторые люди теряют слух даже после короткого периода воздействия шума сравнительно умеренной интенсивности, у других даже сильный шум при продолжительном воздействии не приводит к потере слуха.

Длительное шумовое воздействие рассматривается как один из факторов, вызывающих повышенную заболеваемость. С действием шума связаны рост нервных, сердечно-сосудистых заболеваний, язвенной болезни, развитие тугоухости у городского населения и рабочих некоторых профессий, связанных с воздействием шума. Шум оказывает вредное воздействие на центральную нервную систему, вызывая переутомление и истощение клеток коры головного мозга. Снижается внимание, нарушается координация движений, ухудшается работоспособность.

В современном мире рост городов сопровождается ускоренным развитием транспорта, промышленности, телевидения и других источников шума. Основным из них следует признать транспорт – автомобильный, городской, железнодорожный, воздушный. Вредное шумовое влияние транспорта сопровождает человека всю его жизнь и усиливается под действием вибрации, загазованности и других видов воздействия.

Критерии субъективного восприятия шума человеком.

Три основные физические характеристики звука: уровень (интенсивность), распределение по частотам (высота звука) и время (продолжительность воздействия) рассматриваются как критерии субъективного восприятия шума человеком, которые подразделяются на три типа:

– *максимальные уровни шума* с учетом психофизиологической реакции человека на шум (с помощью стандартных коррекций шумомера по шкалам A, B, D), например, критериями первого типа являются: уровень звука LA (дБ), уровень воспринимаемого шума PNL (PN дБ) или, с учетом поправки на тональность звука, – PNLТ (TPN дБ);

– *эффективные уровни шума* характеризуют воздействие шума при единичном проследовании транспортного средства с учетом времени его звучания, например, к критериям второго типа относят эффективный (мгновенный) уровень воспринимаемого шума EPNL (EPN дБ);

– *уровни суммарного воздействия шума* учитывают максимальные уровни при каждом проследовании и их число за определенное время суток.

Вибрация. Особую экологическую проблему представляет вибрация, возникающая при движении тяжелых грузовых автомобилей. Вибрационное воздействие транспорта к настоящему времени изучено недостаточно, но известно, что оно негативно сказывается на целостности инженерных сооружений (мостов, тоннелей, дамб), может провоцировать такие природные явления, как оползни, сходы лавин, приводит к быстрому износу зданий и сооружений, исторических памятников и культурных ценностей.

Контрольные вопросы

1. Что такое «городская агломерация»?
2. Дайте характеристику видов городских агломераций.
3. Каковы основные признаки городских агломераций?
4. Что такое «геотехническая система»?
5. Каковы зоны влияния геотехнических систем на окружающую среду?
6. Что такое мегаполис?

7. Дайте характеристику основным группам воздействия транспорта на природную среду?
8. Что такое «загрязняющее вещество»?
9. На какие группы подразделяются загрязняющие вещества от действия автотранспортных средств?
10. Дайте характеристику основным группам загрязняющих веществ от действия автотранспортных средств?
11. От каких источников в крупных городах образуются твердые дисперсные частицы?
12. Дайте характеристику твердым дисперсным частицам.
13. Приведите примеры основных факторов износа асфальтобетонных покрытий.
14. Каковы причины загрязнения мегаполиса стационарными источниками автотранспорта?
15. Дайте характеристику физического воздействия автотранспорта на мегаполис (на примере Санкт-Петербурга).
16. Что такое «шум»?
17. Какие факторы влияют на уровень шума?
18. Какая величина характеризует звуковое давление?
19. В чем измеряется величина звукового давления?
20. Что такое «высота звука»?
21. В чем измеряется «высота звука»?
22. Дайте характеристику границам области слухового восприятия звука.
23. Дайте характеристику частотам звуковых колебаний.
24. Что понимают под порогом инфразвукового воздействия?
25. Дайте характеристику порогов инфразвукового воздействия.
26. На какие группы подразделяются критерии субъективного восприятия шума человеком?
27. Дайте характеристику критериям субъективного восприятия шума человеком?
28. Что понимают под «вибрацией»?
29. Какое влияние оказывает вибрационное воздействие транспорта на мегаполис (на примере Санкт-Петербурга)?

2. ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ, НОРМИРОВАНИЕ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРУ ПРИ СЖИГАНИИ ТОПЛИВА ОБЪЕКТОВ МОРСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

2.1. Понятия «нормирование качества окружающей среды», «инвентаризация»

В соответствии с природоохранным законодательством Российской Федерации нормирование качества окружающей природной среды производится с целью установления предельно допустимых норм воздействия, гарантирующих экологическую безопасность населения, сохранение генофонда, обеспечивающих рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов в условиях устойчивого развития хозяйственной деятельности. При этом под воздействием понимается антропогенная деятельность, связанная с реализацией экономических, рекреационных, культурных интересов и вносящая физические, химические, биологические изменения в природную среду.

Определенная таким образом цель подразумевает наложение граничных условий (нормативов) как на само воздействие, так и на факторы среды, отражающие и воздействие, и отклики экосистем. Принцип антропоцентризма верен и в отношении истории развития нормирования: значительно ранее прочих были установлены нормативы приемлемых для человека условий среды (прежде всего производственной). Тем самым было положено начало работам в области санитарно-гигиенического нормирования. Однако человек не самый чувствительный из биологических видов, и принцип «Защищен человек – защищены и экосистемы», вообще говоря, неверен. Экологическое нормирование предполагает учет так называемой допустимой нагрузки на экосистему. Допустимой считается такая нагрузка, под воздействием которой отклонение от нормального состояния системы не превышает естественных изменений и, следовательно, не вызывает нежелательных последствий у живых организмов и не ведет к ухудшению качества среды.

Как экологическое, так и санитарно-гигиеническое нормирование основаны на знании эффектов, оказываемых разнообразными факторами воздействия на живые организмы. Одним из важных понятий в токсикологии и в нормировании является понятие вредного

вещества. В специальной литературе принято называть вредными все вещества, воздействие которых на биологические системы может привести к отрицательным последствиям. Кроме того, как правило, все ксенобиотики (чужеродные для живых организмов, искусственно синтезированные вещества) рассматриваются как вредные.

Установление нормативов качества окружающей среды и продуктов питания основывается на концепции порогового воздействия. Порог вредного действия – это минимальная доза вещества, при воздействии которой в организме возникают изменения, выходящие за пределы физиологических и приспособительных реакций, или скрытая (временно компенсированная) патология. Таким образом, пороговая доза вещества (или пороговое действие вообще) вызывает у биологического организма отклик, который не может быть скомпенсирован за счет гомеостатических механизмов (механизмов поддержания внутреннего равновесия организма).

Нормативы, ограничивающие вредное воздействие, устанавливаются и утверждаются специально уполномоченными государственными органами в области охраны окружающей природной среды, санитарно-эпидемиологического надзора и совершенствуются по мере развития науки и техники с учетом международных стандартов.

Нормы и нормативы качества окружающей среды подразделяются на следующие категории:

- санитарно-гигиенические;
- экологические;
- научно-технические (производственно-хозяйственные);
- временные.

К санитарно-гигиеническим нормативам относятся гигиенические и санитарно-защитные нормативы.

В основе санитарно-гигиенического нормирования лежит понятие «предельно допустимая концентрация» (уровень).

Предельно допустимые концентрации (ПДК) – нормативы, устанавливающие концентрации вредного вещества в единице объема (воздуха, воды), массы (пищевых продуктов, почвы) или поверхности (кожа работающих), а также *уровни (ПДУ)* вредных физических воздействий (вибраций, шума, электромагнитного и ра-

диоактивного излучения), которые при воздействии за определенный промежуток времени практически не влияют на здоровье человека и не вызывают неблагоприятных последствий у его потомства.

Для веществ, о действии которых не накоплено достаточной информации, могут устанавливаться временно допустимые концентрации (ВДК) – полученные расчетным путем нормативы, рекомендованные для использования сроком на 2–3 года.

Степень токсичности веществ принято характеризовать величиной токсической дозы – количеством вещества (отнесенным, как правило, к единице массы животного или человека), вызывающего определенный токсический эффект. Чем меньше токсическая доза, тем выше токсичность вещества. Различают среднесмертельные (LD_{50}), абсолютно смертельные (LD_{100}), минимально смертельные (LD_{0-10}) и другие дозы. Цифры в индексе отражают вероятность (%) появления определенного токсического эффекта (в данном случае смерти) в группе подопытных животных. Следует иметь в виду, что величины токсических доз зависят от путей поступления вещества в организм. Доза LD_{50} (гибель половины подопытных животных) дает значительно более определенную в количественном отношении характеристику токсичности, чем LD_{100} или LD_0 . В зависимости от типа дозы, вида животных и пути поступления, выбранных для оценки, порядок расположения веществ на шкале токсичности может меняться. Величина токсической дозы не используется в системе нормирования.

Санитарно-защитные нормативы предназначены для защиты здоровья человека от вредного воздействия источников загрязнения и обеспечения достаточной чистоты пунктов водопользования. Их используют при образовании санитарных зон источников водоснабжения, пунктов водопользования, санитарно-защитных зон предприятий.

Экологические нормативы определяют предел антропогенного воздействия на окружающую среду, превышение которого может создать угрозу сохранению оптимальных условий совместного существования человека и его внешнего окружения. Они включают в себя эколого-гигиенические и эколого-защитные нормативы, а также предельно допустимые нормативные нагрузки на окружающую среду.

Совместно санитарно-гигиенические и экологические нормативы определяют качество окружающей среды по отношению к здоровью человека и состоянию экосистем, но не указывают на источник воздействия и не регулируют его деятельность. Требования,

предъявляемые собственно к источникам воздействия, отражают научно-технические (производственно-хозяйственные) нормативы. К таковым относятся нормативы выбросов и сбросов вредных веществ – предельно-допустимый выброс (ПДВ) и норматив допустимого сброса (НДС), а также технологические, строительные, градостроительные нормы и правила, содержащие требования по охране окружающей природной среды. В основу установления научно-технических нормативов положен следующий принцип: при условии соблюдения этих нормативов предприятиями региона содержание любой примеси в воде, воздухе и почве должно удовлетворять требованиям санитарно-гигиенического нормирования.

Научно-техническое нормирование предполагает введение ограничений деятельности хозяйственных объектов в отношении загрязнения окружающей среды, иными словами, определяет предельно допустимые потоки вредных веществ, которые могут поступать от источников воздействия в воздух, воду, почву. Таким образом, от предприятий требуется не собственно обеспечение тех или иных ПДК, а соблюдение пределов выбросов и сбросов вредных веществ, установленных для объекта в целом или для конкретных источников, входящих в его состав. Зафиксированное превышение величин ПДК в окружающей среде само по себе не является нарушением со стороны предприятия, хотя, как правило, служит сигналом невыполнения установленных научно-технических нормативов (или свидетельством необходимости их пересмотра).

Технический норматив выброса (ТНВ) – норматив выброса вредного (загрязняющего) вещества в атмосферный воздух, который устанавливается для передвижных и стационарных источников выбросов, технологических процессов, оборудования и отражает максимально допустимую массу выброса вредного (загрязняющего) вещества в атмосферный воздух в расчете на единицу продукции, мощности, пробега транспортных или иных передвижных средств и другие показатели. Технические нормативы выбросов устанавливаются государственными стандартами Российской Федерации, техническими регламентами.

2.2. Виды предельно-допустимой концентрации загрязняющих веществ в атмосфере при сжигании топлива объектов морской инфраструктуры

Под качеством атмосферного воздуха понимают совокупность свойств атмосферы, определяющую степень воздействия физических, химических и биологических факторов на людей, растительный и животный мир, а также на материалы, конструкции и окружающую среду в целом.

Допустимые пределы содержания вредных веществ как в производственной (предназначенной для размещения промышленных предприятий, опытных производств научно-исследовательских институтов и т.п.), так и в зоне, предназначенной для размещения жилого фонда, общественных зданий и сооружений населенных пунктов.

Особенностью нормирования качества атмосферного воздуха является зависимость воздействия загрязняющих веществ, присутствующих в воздухе, на здоровье населения не только от значения их концентраций, но и от продолжительности временного интервала, в течение которого человек дышит данным воздухом.

Предельно допустимая концентрация максимально разовая (ПДК_{м.р.}) – максимальная 20–30-минутная концентрация, при воздействии которой не возникают рефлекторные реакции у человека (задержка дыхания, раздражение слизистой оболочки глаз, верхних дыхательных путей и др.).

Предельно допустимая концентрация среднесуточная (ПДК_{с.с.}) – это концентрация вредного вещества в воздухе населенных мест, которая не должна оказывать на человека прямого или косвенного воздействия при неограниченно долгом (годы) вдыхании. Таким образом, ПДК_{с.с.} рассчитана на все группы населения на неопределенно долгий период воздействия и, следовательно, является самым жестким санитарно-гигиеническим нормативом, устанавливающим концентрацию вредного вещества в воздушной среде.

Предельно допустимая концентрация вредного вещества в воздухе рабочей зоны (ПДК_{р.з.}) – концентрация, которая при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 ч, или при другой продолжительности, но не более 41 ч в неделю, на протяжении всего рабочего стажа не должна вызывать заболевания или отклонения в состоянии

здоровья, обнаруживаемые современными методами исследования, в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующего поколений. Рабочей зоной следует считать пространство высотой до 2 м над уровнем пола или площади, на которой находятся места постоянного или временного пребывания рабочих.

Предельно допустимая концентрация среднегодовая (ПДК_{с.г.}) – это концентрация загрязняющих веществ, которая не оказывает воздействие на здоровье человека в течение 1 года.

Установление предельно допустимых концентраций.

Существуют два основных метода определения ПДК: экспериментальный и расчетный.

Первый используется для установления собственно ПДК, второй – преимущественно для ВДК. Нормирование примесей экспериментальным способом в воздухе рабочей зоны обычно проводят в три этапа: обоснование ВДК или ОБУВ, обоснование значения ПДК_{р.з.} и корректировка ПДК_{р.з.} путем анализа условий труда и состояния здоровья людей. Первые два этапа заключаются в экспериментальной работе над однородными группами животных (белые мыши, крысы) путем их затравки в специальных камерах исследуемым веществом или введением его в брюшную полость или нанесением на кожный покров. Основной этап исследования – установление минимальной пороговой концентрации в так называемом хроническом эксперименте в течение четырех месяцев. Пороговые концентрации определяют при помощи специальных медицинских тестов. Устанавливают также летальную (смертельную) концентрацию или дозы LC_{50} и LD_{50} , при которых наблюдается гибель половины подопытных животных, а также ряд других токсикометрических характеристик, включающих коэффициент возможного ингаляционного отравления (КВИО). Эти данные необходимы для определения класса опасности вещества, используемого при обосновании системы профилактических защитных мероприятий.

Испытания проводятся в несколько этапов. На первом этапе исследования проводят с помощью добровольцев на специальных установках, а на втором – на подопытных животных в условиях длительной (не менее четырех месяцев) экспозиции. На втором этапе обычно выбирают три исследуемые концентрации того или иного соединения: одну на уровне порога запаха для самых чувствительных людей, вторую и третью – в 2-3 раза выше и ниже пороговой.

Существуют также методы экспрессного определения ПДК путем построения на основе месячного эксперимента логарифмических зависимостей типа концентрация-время. За постоянную величину принимают эффект воздействия.

Понятие об эффекте суммации.

Нормы, действующие в РФ, учитывают возможность воздействия на организм не одного какого-либо вещества, а нескольких одновременно, поскольку различные вещества могут оказывать сходное неблагоприятное воздействие на организм. В этом случае говорят об эффекте суммации вредного действия.

Рассмотрим следующий простой пример с учетом общего правила, согласно которому отношение $C/ПДК \leq 1$, где C – фактическая, а ПДК – предельно допустимая концентрация вредного вещества в воздухе.

Допустим, что в воздухе одновременно присутствуют газы, выбрасываемые двигателями автотранспорта: диоксид азота и диоксид серы в концентрациях: $C_{NO_2} = 0,175 \text{ мг/м}^3$; $C_{SO_2} = 0,340 \text{ мг/м}^3$. Соответствующие ПДК этих веществ $ПДК_{м.р.NO_2} = 0,20 \text{ мг/м}^3$; $ПДК_{м.р.SO_2} = 0,50 \text{ мг/м}^3$, т.е. оба вещества присутствуют в концентрациях меньших, чем установленные для них ПДК.

В каждом отдельном случае отношение концентрации к ПДК меньше единицы, но эти вещества обладают эффектом суммации. Значит, их суммарная концентрация ($0,175 + 0,340 = 0,515$) выше, чем любая из ПДК, установленных для каждого вещества в отдельности. Следовательно, загрязнение воздуха превышает допустимое.

Если в воздухе присутствует несколько веществ, обладающих эффектом суммации, то качество воздуха будет соответствовать установленным нормативам при условии, что:

$$\frac{C_1}{ПДК_1} + \frac{C_2}{ПДК_2} + \dots + \frac{C_n}{ПДК_n} \leq 1,$$

где C_1, C_2, \dots, C_n – вредные вещества, обладающие эффектом суммации.

Это означает, что в воздухе населенного пункта сумма отношений концентраций к ПДК веществ, обладающих эффектом суммации, не должна превышать единицы.

В соответствии с раздельным нормированием уровней загрязнения воздуха в рабочих зонах и атмосферного воздуха в населенных

пунктах устанавливаются самостоятельные требования к уровню загрязнения в пределах промышленных площадок.

Согласно СанПиН 2.1.3684-21 «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий» (с изменениями и дополнениями) выбросы в атмосферу должны лимитироваться таким образом, чтобы с учетом рассеивания примесей концентрации вредных веществ не превышали в воздухе населенных пунктов:

- в жилой зоне и на других территориях проживания людей – 1,0 ПДК;

- на территории, выделенной в документах градостроительного зонирования, решениях органов местного самоуправления для организации курортных зон, размещения санаториев, домов отдыха, пансионатов, туристских баз, организованного отдыха населения, в том числе пляжей, парков, спортивных баз и их сооружений на открытом воздухе, а также на территориях размещения лечебно-профилактических учреждений длительного пребывания больных и центров реабилитации – 0,8 ПДК.

2.3. Инвентаризация, нормирование выбросов загрязняющих веществ от автотранспорта

Состав отработавших (выхлопных) газов (ОГ) автомобиля включает более 200 различных загрязняющих веществ (ЗВ). Преобладающей частью веществ являются неядовитые, содержащиеся в обычном воздухе газы. Лишь небольшая часть ОГ (до 1% от общего объема выбросов) является вредной для окружающей среды и здоровья людей.

Как уже упоминалось ранее, нормативами качества воздуха являются предельно-допустимые концентрации индивидуальных загрязняющих веществ, определяемые СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

Нормативы качества некоторых ЗВ, выбрасываемых автомобильными ДВС, представлен в табл. 2.

Таблица 2

**Предельно-допустимые концентрации некоторых ЗВ,
выбрасываемых двигателями автотранспорта**

Код ЗВ	Наименование ЗВ	Класс опасно- сти	Критерий нормирования, мг/м³			
			ПДК _{м.р.}	ПДК _{с.с.}	ПДК _{с.г.}	ОБУВ
0008	Взвешенные частицы РМ ₁₀	—	0,30	0,06	0,04	—
0010	Взвешенные частицы РМ _{2,5}	—	0,160	0,035	0,025	—
0184	Свинец и его неорганические соединения (в пересчете на свинец)	1	0,0010	0,0003	0,00015	—
0192	Тетраэтилсвинец	1	0,00010	0,00004	—	—
0301	Азота диоксид (двуокись азота; пероксид азота)	3	0,20	0,10	0,04	—
0303	Аммиак (азота гидрид)	4	0,20	0,10	0,04	—
0304	Азот (II) оксид (азота монооксид)	3	0,40	—	0,06	—
0328	Углерод (пигмент черный)	3	0,15	0,05	0,025	—
0330	Сера диоксид	3	0,50	0,05	—	—
0333	Дигидросульфид (водород сернистый, дигидросульфид, гидросульфид)	2	0,008	—	0,002	—
0337	Углерода оксид (углерода окись; углерода моноокись; угарный газ)	4	5,0	3,0		—
0410	Метан	—	—	—	—	50,0
0703	Бенз(а)пирен	1	—	0,000001		—
1325	Формальдегид (муравьиный альдегид, оксометан, метиленоксид)	2	0,05	0,01	0,003	—
2704	Бензин (нефтяной, мало-сернистый)(в пересчете на углерод)	4	5,0	1,5	—	—
2732	Керосин (керосин прямой перегонки; керосин дезодорированный)	—	—	—	—	1,2

Нормы выбросов ЗВ в странах Европейского союза.

В 1988 году Европейской экономической комиссией ООН был введен единый регламент (экологический стандарт – так называемый Евро 0) с требованиями снизить уровень выбросов окиси углерода, оксида азота и других веществ в автомобилях. Раз в несколько лет требования ужесточались.

С 2015 года в Европе действуют нормы Евро 6.

Автомобили делятся на экологические классы (табл. 3).

Таблица 3

Экологические классы Евро

Экологический класс Евро	Описание
1	2
Евро 0	<p>Экологический класс был введен в большинстве стран Европы в 1988 г. В 1992 г. был заменен стандартом Евро 1.</p> <p>Регламентирует выброс бензиновыми двигателями:</p> <ul style="list-style-type: none">– оксида углерода (CO) – не больше 11,2г/кВт·ч,– углеводородов (CH) – не более 2,4 г/кВт·ч,– оксидов азота (NO_x) – не более 14,4 г/кВт·ч,– твердые частицы – не определено,– дымность – не определено. <p>По выбросу дизельными двигателями регламента нет</p>
Евро 1	<p>Был введен в Евросоюзе в 1992 г., а в 1995 г. был заменен стандартом Евро 2.</p> <p>Регламентирует выброс бензиновыми двигателями:</p> <ul style="list-style-type: none">– оксида углерода (CO) – не более 2,72г/км (грамм на километр пути),– углеводородов (CH) – не более 0,72 г/км,– оксидов азота (NO_x) – не более 0,27 г/км. <p>По выбросу дизельными двигателями регламента нет</p>
Евро 2	<p>Экологический класс был введен в Евросоюзе в качестве замены Евро 1 в 1995 г., а затем был заменен стандартом Евро 3 в 1999 г. Стандарт Евро 2 был принят правительством России осенью 2005 г. Продажи бензина АИ-95 Евро 2 в России запрещены с 01.01.2011 г. С 01.01.2013 г. года любое топливо класса Евро 2 и ниже запрещено к обороту в РФ</p>

1	2
Евро 3	<p>Евро 3 – это экологический стандарт, который регулирует содержание вредных веществ в выхлопных газах транспортных средств с дизельными и бензиновыми двигателями. Был введен в Евросоюзе в 1999 г. и заменен на стандарт Евро 4 в 2005 г.</p> <p>Все ТС, произведенные в России или ввезенные в Россию, начиная с 01.01.2008, должны соответствовать стандарту Евро 3</p>
Евро 4	<p>Экологический стандарт Евро 4 был введен в Евросоюзе в 2005 г. взамен предыдущему стандарту Евро 3. В 2009 г. заменен на новый стандарт – Евро 5.</p> <p>В России с 01.01.2013 все производимые и ввозимые на территорию автомобили должны соответствовать классу Евро 4, но возможно использовать шасси и базовые транспортные средства с сертификатами Евро 3, выпущенные до 31.12.2012.</p> <p>С 01.01.2013 все производимое топливо в России обязаны иметь стандарт не ниже Евро 3. Оборот топлива Евро 3 запрещен в России с 01.01.2016, в связи с этим, начиная с этого дня, началось поэтапное списание техники с двигателями Евро 3</p>
Евро 5	<p>Стандарт Евро 5 обязателен для всех новых грузовых авто, продаваемых в Евросоюзе с октября 2008 г. Для легковых авто – с 01.09.2009.</p> <p>В РФ стандарт Евро 5 действует на все автомобили с 01.01.2016.</p> <p>Нормы по выбросам:</p> <ul style="list-style-type: none"> – СН – до 0,05 г/км, – СО – до 0,80 г/км, – NO_x – до 0,06 г/км. <p>Технический регламент также предусматривает выпуск в обращение автомобильных бензинов и дизельного топлива класса не ниже Евро 2 до 31.12.2012, Евро 3 – до 31.12.2014, Евро 4 – до 30.06.2016, Евро 5 – с 01.07.2016</p>
Евро 6	<p>Сначала предполагалось, что данный экологический класс Евро 6 вступит в силу в Европе 31.12.2013, но потом его введение было отложено на 2015 г.</p> <p>Согласно нормам Евро 6, выбросы CO₂ новыми легковыми авто должны составлять не более 130 г/км</p>

Выбросы загрязняющих веществ регулируются отдельно для легковых и легких коммерческих автомобилей, для грузовых автомобилей и автобусов.

Определение категорий транспортных средств (ТС) в странах Европейского союза представлено в табл. 4.

Таблица 4

Категории транспортных средств в странах Европейского союза и РФ

Обозначение ТС	Описание
L	Мототранспортные средства
M	Транспортные средства, имеющие не менее четырех колес, предназначенные для перевозки пассажиров
M ₁	Транспортные средства, предназначенные для перевозки пассажиров, имеющие не более восьми сидячих мест, помимо сиденья водителя, с максимальной массой не более 3,5 т
M ₂	Транспортные средства, предназначенные для перевозки пассажиров, имеющие более восьми сидячих мест, помимо сиденья водителя, с максимальной массой не более 5 т
M ₃	Транспортные средства предназначенные для перевозки пассажиров, имеющие более восьми сидячих мест, помимо сиденья водителя, с максимальной массой более 5 т
N	Автомобили, имеющие не менее четырех колес, предназначенные для перевозки грузов
N ₁	Транспортные средства предназначенные для перевозки грузов с максимальной массой не более 3,5 т
N ₂	Транспортные средства, предназначенные для перевозки грузов с максимальной массой более 3,5 т, но менее 12 т
N ₃	Транспортные средства, предназначенные для перевозки грузов с максимальной массой более 12 т

Ограничения выбросов ЗВ касаются содержания окиси углерода, оксидов азота, углеводородов и твердых частиц (сажи). Дизели для грузовых автомобилей с 2000 года (Евро 3) дополнительно проходят тест на дымность.

Нормы выбросов ЗВ для легковых автомобилей приведены в табл. 5.

Таблица 5

Нормы выбросов для легковых автомобилей (категория М₁)

Нормы токсичности	Дата введения	CO	C _x H _y	C _x H _y +NO _x	NO _x	Взвешенные частицы (PM)
		г/км				
Автомобили с дизельными двигателями						
Евро 1	07.1992	2.72 (3.16)	—	0.97 (1.13)	—	0.14 (0.18)
Евро 2, IDI	01.1996	1.0	—	0.7	—	0.08
Евро 2, DI	01.1996	1.0	—	0.9	—	0.10
Евро 3	01.2000	0.64	—	0.56	0.50	0.05
Евро 4	01.2005	0.50	—	0.30	0.25	0.025
Евро 5a	09.2009	0.50	—	0.23	0.18	0.005
Евро 5b	09.2011	0.50	—	0.23	0.18	0.005
Евро 6	09.2014	0.50	—	0.17	0.08	0.005
Автомобили с бензиновыми двигателями						
Евро 1	07.1992	2.72 (3.16)	—	0.97 (1.13)	—	—
Евро 2	01.1996	2.2	—	0.5	—	—
Евро 3	01.2000	2.30	0.20	—	0.15	—
Евро 4	01.2005	1.0	0.10	—	0.08	—
Евро 5	09.2009	1.0	0.10	—	0.06	0.005 (DI)
Евро 6	09.2014	1.0	0.10	—	0.06	0.005 (DI)
IDI — дизели с разделенными камерами сгорания, DI — двигатели с непосредственным впрыском						

Несмотря на установленные нормы, исследование, проведенное Международным советом по чистому транспорту (ICCT) в октябре 2014 года, показало, что реальные выбросы NO_x современных дизельных двигателей, заявленных как соответствующие нормам Евро-6, в среднем в 7 раз превышают эти нормы. Это означает, что вместо установленных стандартом 80 мг/км, новые автомобили загрязняют атмосферу в среднем 560 мг/км оксидов азота.

Таблица 6

**Стандарты Европейского союза по токсичности ОГ легких
коммерческих (грузовых) автомобилей, г/км**

Категория грузового ТС	Нормы токсичности	Дата введения	CO	C _x H _y	C _x H _y +NO _x	NO _x	Взвешен- ные частицы (PM)
1	2	3	4	5	6	7	8
Автомобили с дизельными двигателями							
N ₁ , Класс I, ≤1305 кг	Евро 1	10.1994	2,72	–	0,97	–	0,14
	Евро 2, IDI	01.1998	1,0	–	0,70	–	0,08
	Евро 2, DI	01.1998 ^a	1,0	–	0,90	–	0,10
	Евро 3	01.2000	0,64	–	0,56	0,50	0,05
	Евро 4	01.2005	0,50	–	0,30	0,25	0,025
	Евро 5	09.2009 ^b	0,50	–	0,23	0,18	0,005 ^d
	Евро 6	09.2014	0,50	–	0,17	0,08	0,005 ^d
	Евро 1	10.1994	5,17	–	1,40	–	0,19
	Евро 2, IDI	01.1998	1,25	–	1,0	–	0,12
	Евро 2, DI	01.1998 ^a	1,25	–	1,30	–	0,14
N ₁ , Класс II, 1305...1760 кг	Евро 3	01.2001	0,80	–	0,72	0,65	0,07
	Евро 4	01.2006	0,63	–	0,39	0,33	0,04
	Евро 5	09.2010 ^b	0,63	–	0,295	0,235	0,005 ^d
	Евро 6	09.2015	0,63	–	0,195	0,105	0,005 ^d
	Евро 1	10.1994	6,90	–	1,70	–	0,25
	Евро 2, IDI	01.1998	1,5	–	1,20	–	0,17
	Евро 2, DI	01.1998 ^a	1,5	–	1,6	–	0,20
N ₁ , Класс III >1760 кг	Евро 3	01.2001	0,95	–	0,86	0,78	0,10
	Евро 4	01.2006	0,74	–	0,46	0,39	0,06
	Евро 5	09.2010 ^b	0,74	–	0,350	0,280	0,005 ^d
	Евро 6	09.2015	0,74	–	0,215	0,125	0,005 ^d

Автомобили с бензиновыми двигателями							
1	2	3	4	5	6	7	8
N _I , Класс I, ≤1305 кг	Евро 1	10.1994	2,72	—	0,97	—	—
	Евро 2	01.1998	2,2	—	0,50	—	—
	Евро 3	01.2000	2,3	0,20	—	0,15	—
	Евро 4	01.2005	1,0	0,1	—	0,08	—
	Евро 5	09.2009 ^б	1,0	0,10 ^е	—	0,06	0,005 ^{г, д}
	Евро 6	09.2014	1,0	0,10 ^е	—	0,06	0,005 ^{г, д}
	Евро 1	10.1994	5,17	—	1,40	—	—
	Евро 2	01.1998	4,0	—	0,65	—	—
N _I , Класс II, 1305...1760 кг	Евро 3	01.2001	4,17	0,25	—	0,18	—
	Евро 4	01.2006	1,81	0,13	—	0,10	—
	Евро 5	09.2010 ^в	1,81	0,13 ^ж	—	0,075	0,005 ^{г, д}
	Евро 6	09.2015	1,81	0,13 ^ж	—	0,075	0,005 ^{г, д}
	Евро 1	10.1994	6,90	—	1,70	—	—
	Евро 2	01.1998	5,0	—	0,80	—	—
N _I , Класс III >1760 кг	Евро 3	01.2001	5,22	0,29	—	0,21	—
	Евро 4	01.2006	2,27	0,16	—	0,11	—
	Евро 5	09.2010 ^в	2,27	0,16 ^з	—	0,082	0,005 ^{г, д}
	Евро 6	09.2015	2,27	0,16 ^з	—	0,082	0,005 ^{г, д}

Примечания:

DI – двигатели с непосредственным впрыском; IDI – предкамерные двигатели;

^а – до 30 сентября 1999 г. (после этой даты двигатели с непосредственным впрыском (DI) должны будут соответствовать нормам для предкамерных двигателей (IDI);

^б – январь 2011 г. для всех моделей;

^в – январь 2012 г. для всех моделей;

^г – применимо только к автомобилям с двигателями с непосредственным впрыском;

^д – предлагается изменить на 0,003 г/км, используя методику испытаний РМР;

^е – и методику NMHC=0,068 г/км;

^ж – и методику NMHC=0,090 г/км;

^з – и методику NMHC=0,108 г/км.

* Для Евро 1/2 классы по массе, соответствующие категории N₁: Класс I ≤1250 кг, Класс II 1250...1700 кг, Класс III >1700 кг.

Нормы выбросов для транспортных средств для грузовых автомобилей (грузовых) и автобусов определяются двигателем энергии выхода в г/кВт·ч; это отличается от стандартов выбросов для легковых автомобилей и легких коммерческих автомобилей, которые определяются расстоянием проезда транспортного средства в г/км, поэтому общее сравнение с легковыми автомобилями невозможно, поскольку коэффициент кВт·ч/км зависит (среди прочего) от конкретного автомобиля.

Официальное название категории – дизельные двигатели для тяжелых условий эксплуатации, к которым обычно относятся грузовики и автобусы.

2.4. Инвентаризация, нормирование выбросов загрязняющих веществ в Российской Федерации

В России приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 18 июля 2017 г. № 708-ст введен в действие Межгосударственный стандарт ГОСТ 33997–2016 «Колесные транспортные средства. Требования к безопасности в эксплуатации и методы проверки».

Указанный стандарт распространяется на колесные транспортные средства (КТС) категорий L, M и N, эксплуатируемые на автомобильных дорогах (см. табл. 4).

Действие стандарта не распространяется на КТС:

1) максимальная скорость которых, предусмотренная их конструкцией, не более 25 км/ч;

2) предназначенные исключительно для участия в спортивных соревнованиях;

3) внедорожные КТС.

Содержание оксида углерода в отработавших газах КТС с бензиновыми и газовыми двигателями в режиме холостого хода на минимальной и повышенной частотах вращения коленчатого вала двигателя должно быть не выше значений, указанных в эксплуатационной документации изготовителя КТС, а при отсутствии этих данных – не выше значений, приведенных в табл. 7.

Таблица 7

Предельно допустимые значения содержания оксида углерода в отработавших газах КТС с бензиновыми и газовыми двигателями

Категория и комплектация КТС системой нейтрализации отработавших газов	Частота вращения коленчатого вала двигателя	СО, объемная доля процентов
М и N, экологических классов 0, 1, изготовленные до 31.12.1986	Минимальная	4,5
М и N, экологических классов 0, 1, 2, изготовленные с 01.01.1987 по 31.12.2006	Минимальная	3,5
	Повышенная	2,0
М и N, экологических классов 2, 3, 4, изготовленные до 01.01.2013	Минимальная	0,5
	Повышенная	0,3
М и N, экологического класса 4 и выше, изготовленные с 01.01.2013	Минимальная	0,3
	Повышенная	0,2
L	Минимальная	4,5

Контрольные вопросы

1. Что понимают под экологическим нормированием?
2. Что понимают под предельно-допустимой концентрацией?
3. Что понимают под временно-допустимой концентрацией?
4. На какие типы подразделяются предельно-допустимые концентрации?
5. Что понимают под порогом вредного воздействия?
6. На какие категории подразделяются нормы и нормативы качества окружающей среды?
7. Что включают в себя уровни вредных физических воздействий?

8. Что определяют экологические нормативы?
9. Что понимают под техническими нормативами выбросов?
10. Что понимают под максимально разовой предельно допустимой концентрацией?
11. Что понимают под среднесуточной предельно допустимой концентрацией?
12. Что понимают под предельно допустимой концентрацией вредного вещества в воздухе рабочей зоны?
13. Дайте характеристику основным методам определения предельно допустимой концентрации?
14. Что понимают под эффектом суммации?
15. По какой формуле рассчитывается эффект суммации?
16. Как регулируются нормы выбросов загрязняющих веществ в Российской Федерации?

3. ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ ПЕРЕДВИЖНЫХ ИСТОЧНИКОВ И РАСЧЕТ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ОТ ДВИГАТЕЛЕЙ ПЕРЕДВИЖНЫХ ИСТОЧНИКОВ

3.1. Инвентаризация передвижных источников

Инвентаризация источников выбросов загрязняющих веществ (ЗВ) проводится в порядке, регламентированном Федеральным законом (ФЗ) № 96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха» [1]. Ее проведение является обязательным для всех юридических лиц и индивидуальных предпринимателей (ИП), в ходе производственной деятельности которых в атмосферу выбрасываются загрязняющие (вредные) вещества.

В Федеральных Законах № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» [2] и № 96-ФЗ используется термин «передвижной источник», появившийся в законодательстве еще в 2014 г. На тот момент все выбросы передвижных источников учитывались как выбросы стационарных источников. В их число входили отапливаемые и неотапливаемые гаражи, открытые стоянки, которые используются только для въезда/выезда автотранспорта, внутренние проезды. Выбросы всех ЗВ от двигателей внутреннего сгорания автотранспорта включались в расчет рассеивания и подлежали нормированию.

В соответствии с [1] передвижной источник загрязнения атмосферного воздуха (ИЗАВ) – транспортное средство, двигатель которого при его работе является источником выброса.

В городах к передвижным источникам могут относиться весь автотранспорт (автомобили, автобусы, мотоциклы, дорожная и строительная техника и другие транспортные средства), авиатранспорт (самолеты и вертолеты), плавучие средства (корабли и суда, катера и пр.), мобильные установки, используемые в строительстве, производстве, научных исследованиях и других отраслях промышленности.

До 2018 г. четкий порядок проведения инвентаризации отсутствовал для стационарных источников выбросов [3].

В 2018 г. был опубликован Приказ Минприроды России от 07.08.2018 № 352, утвердивший Порядок проведения инвентаризации стационарных источников и выбросов вредных (загрязняющих)

веществ в атмосферный воздух, корректировки данных, документирования и хранения данных, полученных в результате проведения таких инвентаризации и корректировки [4]. В нем, однако, передвижные источники не упоминались, т.е. транспортные средства в очередной раз остались без внимания.

В 2019 г. в Законе № 96-ФЗ появилось требование о проведении сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха, для которых используются результаты инвентаризации выбросов, включая выбросы от стационарных и передвижных источников, что предполагало необходимость учета выбросов от передвижных источников.

Изменения, внесенные 01.11.2019 Федеральным законом № 195-ФЗ [5], предусматривают, что инвентаризация должна проводиться как для стационарных, так и для передвижных источников выбросов. Ее проведение позволяет определить категорию объекта негативного воздействия на окружающую среду (НВОС), является основой для разработки природоохранной документации промышленных предприятий.

Только в конце 2021 г. был опубликован новый порядок инвентаризации, утвержденный Приказом Минприроды России от 30.11.2021 № 871 [6], вступивший в силу с 01.03.2022, который официально определил необходимость учета и порядок инвентаризации выбросов загрязняющих веществ от передвижных источников.

Приведенные в [7] усредненные значения показателей выбросов отражают основные закономерности их изменения при реальном характере автотранспортного движения в городских условиях. При этом учитывается, что в городе автомобиль непрерывно совершает разгоны и торможения, перемещаясь с некоторой средней скоростью на конкретном участке автомагистрали, определяемой дорожными условиями.

Полученные величины выбросов автотранспортных потоков на городских автомагистралях применяются при проведении сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха города (региона) промышленными и транспортными выбросами.

Согласно [7] передвижной ИЗАВ – техническое устройство, работающее на определенном виде топлива, а источником загрязнения в данном случае является сам двигатель.

Учету подлежат следующие передвижные ИЗАВ, принадлежащие организации: автомобильный, железнодорожный, воздушный, водный транспорт; строительная, дорожная, сельскохозяйственная и другие виды техники.

Законом разрешено не принимать во внимание выбросы передвижных ИЗАВ, если на объекте отсутствует промышленное производство, при этом в пользовании находятся до 20 штук автобусов и легковых машин для перевозки людей в день, а также не более 3 штук грузовиков в день. Транспорт сотрудников, расположенный на стоянке организации, но не принадлежащий ей, также не надо включать в отчет.

Расчеты выбросов выполняются для следующих вредных веществ, поступающих в атмосферу с отработавшими газами автомобилей [7]:

- оксид углерода (CO);
- оксиды азота NO_x (с учетом полной или частичной их трансформации в более токсичные соединения);
- углеводороды (CH);
- углерод (сажа) (C);
- диоксид серы (SO₂);
- формальдегид (CH₂O);
- бенз(а)пирен (C₂₀H₁₂).

Особо следует отметить, что в некоторых странах (Алжир, Ирак, Йемен, Мьянма, Северная Корея, Афганистан) дополнительно может быть произведен расчет выбросов соединений свинца для автомобилей, движущихся по городским автомагистралям. Он производится в том случае, если в данном городе используется этилированный бензин. Рассчитанные значения выбросов соединений свинца целесообразно уточнить с учетом доли этилированного бензина в общем потреблении бензинов всех марок в данном городе.

Этилирование бензина проводилось с целью увеличения октанового числа. В качестве антидетонирующей присадки, повышающей октановое число, был выбран тетраэтилсвинец. Крупнейшие американские компании создали совместное предприятие по производству этого вещества. Но уже тогда люди знали о вреде свинца, поэтому название «тетраэтилсвинец» компании сократили до

«этил». Присадку стали использовать практически во всем производимом бензине, продаваемом на территории страны, а технология стала быстро распространяться по миру.

Тетраэтилсвинец отличается невысокой стоимостью и эффективностью. При сравнительно небольшой концентрации он значительно повышает октановое число топлива. Бензин с добавлением этого вещества стали называть этилированным, и он долго продавался на территории бывшего СССР.

Тетраэтилсвинец добавляли в бензин под марками АИ-93, А-76, А-66. Топливо А-72 было неэтилированным. Несложно догадаться, что максимальная концентрация присадки была в бензине АИ-93. Изначально тетраэтилсвинец – бесцветная маслянистая летучая жидкость. Именно поэтому бензин марки АИ-93 советские водители называли «жирным» – он оставлял характерные ощущения при контакте и следы.

Россия была одной из последних среди развитых стран, которая запретила этилированный бензин. Причиной для таких действий стала борьба за состояние окружающей среды. Использовать этилированный бензин в современных автомобилях нельзя.

В соответствии с ФЗ № 34-ФЗ от 22.03.2003 «О запрете производства и оборота этилированного автомобильного бензина в Российской Федерации» [8] этилированный автомобильный бензин на территории России не используется.

При процессах, связанных с сжиганием различных видов топлива в двигателях автотранспортной техники, содержание оксида азота (NO) в выхлопных газах составляет 95 – 98 % и более, а диоксида азота NO₂ – 2 – 5 % и менее. В связи с этим при раздельном определении содержания NO и NO₂ в выхлопных газах передвижных источников в обязательном порядке производится их пересчет в NO₂ (или NO_x (в пересчете на NO₂)) по формуле

$$\text{NO}_x \text{ (в пересчете на NO}_2\text{)} = 1,53 \text{ NO} + \text{NO}_2 .$$

Многолетние исследования, проводимые Главной геофизической обсерваторией им. А.И. Воейкова Росгидромета, НИИ «Атмосфера» и др. организациями, показывают, что 100 %-ной трансформации NO в NO₂ в атмосфере не наблюдается. Постепенно насту-

пает равновесное состояние, при котором уже не происходит заметных изменений. Трансформация оксидов азота в каждом отдельном случае зависит от интенсивности солнечной радиации, температуры воздуха и других метеорологических условий, формирующих уровни загрязнения воздуха, а также составляющих выбросов всех окружающих предприятий, приводящих к фотохимическим реакциям в атмосфере. Коэффициенты трансформации определяются на основе раздельных измерений содержания оксида азота и диоксида азота в атмосферном воздухе на сети станций мониторинга загрязнения атмосферы Росгидромета. Измерения проводятся в нижнем слое атмосферы на уровне дыхания человека. Это говорит о том, что полученные коэффициенты трансформации в меньшей степени зависят от принадлежности источника поступления оксидов азота в атмосферу к конкретному производству, его высоты и других параметров.

Для Северо-Западного региона проведенные исследования позволяют считать, что установленные коэффициенты трансформации оксидов азота в атмосфере: 0,8 – для NO_2 и 0,13 – для NO от NO_x (в пересчете на NO_2) являются максимальными.

Поскольку каждый тип автотранспортных средств (легковые и грузовые автомобили, автобусы) в зависимости от вида используемого топлива могут разделяться на подтипы (автотранспортные средства, работающие на бензине; автотранспортные средства, работающие на дизельном топливе; автотранспортные средства, работающие на сжиженном нефтяном газе; автотранспортные средства, работающие на компримированном (сжатом) природном газе), то и выбросы углеводородов будут нормироваться по-разному.

Для автомобилей с бензиновыми двигателями при проведении расчетов загрязнения атмосферы используется ПДК_{м.р.} по бензину (код 2704); для автомобилей с дизельным двигателем – ориентировочно безопасный уровень воздействия по керосину (код 2732); для автомобилей, работающих на газе, используется ПДК_{м.р.} по метану (код 0410).

Российская Федерация является Стороной РКИК ООН, входящей в приложение I и Стороной Киотского протокола, входящей в

приложение «В». В соответствии со своими обязательствами по статьям 4 и 12 РКИК ООН, Российская Федерация должна разрабатывать и ежегодно обновлять, публиковать и представлять Конференции Сторон РКИК ООН через ее секретариат результаты оценки объемов (инвентаризации) и динамики выбросов ПГ транспортом, которые приводятся в национальном кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями всех парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом. В соответствии со своими обязательствами по статье 7 Киотского протокола, Российская Федерация включает в национальный кадастр дополнительную информацию, необходимую для целей обеспечения соблюдения Протокола.

Национальная инвентаризация парниковых газов организована по иерархическому принципу и состоит из нескольких уровней структурной организации, согласованные связи между которыми обеспечивают получение данных требуемой степени детализации и выполнение расчетов. Установлены источники данных и потоки информации, которые составляют основу для оценки выбросов и абсорбции парниковых газов в различных секторах экономики нашей страны.

Подготовка инвентаризации включает блок сбора и первичной обработки данных о хозяйственной деятельности силами ответственных министерств и ведомств; преобразование поступивших данных в форматы, требуемые для расчетов; анализ полноты информации; подготовку промежуточных данных для дальнейших расчетов; собственно расчетные оценки выбросов и поглощения парниковых газов, а также представление результатов потребителям и органам РКИК ООН и Киотского протокола через секретариат РКИК ООН.

Разработка запросов осуществляется ФГБУ «Институт глобального климата и экологии» (ИГКЭ), их рассылка – либо непосредственно ИГКЭ, либо профильными министерствами и ведомствами.

В случае необходимости запросы могут быть направлены Росгидрометом в министерства и ведомства, не задействованные на постоянной основе в национальной системе. Запросы также направляются компаниям и организациям различных форм собственности. Кроме того, ИГКЭ проводит анализ научно-технических и экономических публикаций с целью получения методической информации (коэффициенты выбросов парниковых газов, параметры технологических процессов), а также и дополнительных количественных данных о деятельности, приводящей к выбросам или абсорбции парниковых газов. В отдельных случаях для получения информации используются экспертные оценки.

Порядок хранения и архивирования исходных данных, материалов оценок выбросов и абсорбции и отчетных материалов (электронные таблицы Общего формата представления данных, НДК и другая документация) определяется специальным регламентом, разработанным и утвержденным ИГКЭ.

Следует отметить, что методики инвентаризации ПГ, используемые при подготовке Национального кадастра антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями ПГ, характеризуются двухлетним запаздыванием отчетности (отчет текущего года отражает объемы выбросов и поглощений ПГ за год, предшествующий предыдущему), что не отвечает целям и задачам климатической политики на современном этапе.

В соответствии с положениями, транспорт относится к сфере энергетики. Суммарный выброс парниковых газов от категории «Транспорт» в 2019 г. составил 246849,16 выбросов CO₂-экв. (из них 98,9% приходится на выбросы CO₂). Эмиссия диоксида углерода при сжигании топлива транспортом определяет 16,9 % суммарных выбросов при сжигании топлива.

Детализированные по видам объемы потребления топлива по подкатегориям источников приведены в табл. 8.

Таблица 8

Расход топлива в категории «Транспорт»

Вид топлива	Расход, ТДж
Гражданская авиация	
Авиационный керосин	187 830,18
Всего	187 830,18
Дорожный транспорт	
Бензин	1 497 746,53
Дизельное топливо	610 696,92
Сжиженный газ	55 675, 65
Другие моторные топлива	14 709,48
Всего	2 178 828,48
Железнодорожный транспорт	
Дизельное топливо	113 137,154
Мазут	88,33
Другие моторные топлива	49,82
Всего	113 275,31
Водный транспорт	
Дизельное топливо	11 473,92
Мазут	7 889,75
Другие моторные топлива	521,67
Всего	19 885,35

Используемые при расчете выбросов параметры определяются на основе локального мониторинга, проведение которого осуществляется по схеме, не требующей инструментального оснащения и продолжительного обучения. Это позволяет выполнять такие работы практически в любом городе с необходимой периодичностью, что весьма важно для регулярной корректировки информации о выбросах автотранспорта в целях поддержания работы компьютерного банка данных о промышленных и автотранспортных выбросах в городе в оперативном режиме.

3.2. Расчет выбросов загрязняющих веществ автотранспортным потоком

Выброс i -го вредного вещества автотранспортным потоком (M) определяется для конкретной автомагистрали, на всей протяженности которой структура и интенсивность автотранспортных потоков изменяется не более, чем на 15–20%. При изменении автотранспортных характеристик на большую величину автомагистраль разбивается на участки, которые в дальнейшем рассматриваются как отдельные источники.

Такая магистраль (или ее участок) может иметь несколько нерегулируемых или регулируемых перекрестков.

Для автомагистрали (или ее участка) с повышенной интенсивностью движения (т.е. более 2500 автомобилей в час) целесообразно дополнительно учитывать выброс автотранспорта (M_{Π}) в районе перекрестка.

В районе перекрестка наибольшее количество вредных веществ выбрасывается автомобилем за счет торможения и остановки его перед запрещающим сигналом светофора и последующим его движением в режиме «разгона» по разрешающему сигналу светофора.

Это обуславливает необходимость выделить на выбранной автомагистрали участки перед светофором, на которых образуется очередь автомобилей, работающих на холостом ходу в течение времени действия запрещающего сигнала светофора.

Таким образом, для автомагистрали (или ее участка) при наличии регулируемого перекрестка суммарный выброс M будет определяться по формуле

$$M = \sum_1^n (M_{\Pi_1} + M_{\Pi_2}) + \sum_1^{n_1} (M_{L_3} + M_{L_4}) + \sum_1^m (M_{\Pi_3} + M_{\Pi_4}) + \sum_1^{m_1} (M_{L_1} + M_{L_2}),$$

где M_{Π_1} , M_{Π_2} , M_{Π_3} , M_{Π_4} – выброс в атмосферу автомобилями, находящимися в зоне перекрестка при запрещающем сигнале светофора; M_{L_1} , M_{L_2} , M_{L_3} , M_{L_4} – выброс в атмосферу автомобилями, движущимися по данной автомагистрали в рассматриваемый период времени; n и m – число остановок автотранспортного потока перед перекрестком соответственно на одной и на другой улицах его обра-

зующих за 20-минутный период времени; индексы 1 и 2 соответствуют каждому из 2 направлений движения на автомагистрали с большей интенсивностью движения, а 3 и 4 – соответственно для автомагистрали с меньшей интенсивностью движения.

3.3. Расчет выбросов движущегося автотранспорта

Выброс i -того загрязняющего вещества (г/с) движущимся автотранспортным потоком на автомагистрали (или ее участке) с фиксированной протяженностью L (км) за 20 минут определяется по формуле

$$M_{L,i} = \frac{L}{1200} \sum_1^k M_{k,i}^{\Pi} \cdot G_k \cdot r_{V_{k,i}},$$

где $M_{k,i}^{\Pi}$ (г/км) – пробеговый выброс i -го вредного вещества автомобилями k -й группы для городских условий эксплуатации, определяемый (по приложению 1); k – количество групп автомобилей; G_k (1/ч) – фактическая наибольшая интенсивность движения, т.е. количество автомобилей каждой из k групп, проходящих через фиксированное сечение выбранного участка автомагистрали в единицу времени в обоих направлениях по всем полосам движения; $r_{V_{k,i}}$ – поправочный коэффициент движения, учитывающий среднюю скорость движения транспортного потока ($V_{k,i}$ (км/ч) на выбранной автомагистрали (или ее участке), определяемый по приложению 2; L (км) – протяженность автомагистрали (или ее участка), из которой исключена протяженность очереди автомобилей перед запрещающим сигналом светофора и длина соответствующей зоны перекрестка (для перекрестков, на которых проводились дополнительные обследования).

3.4. Расчет выбросов автотранспорта в районе регулируемого перекрестка

При расчетной оценке уровней загрязнения воздуха в зонах перекрестков следует исходить из наибольших значений содержания вредных веществ в отработавших газах, характерных для режимов движения автомобилей в районе пересечения автомагистралей (торможение, холостой ход, разгон).

Выброс i -го загрязняющего вещества (ЗВ) в зоне перекрестка при запрещающем сигнале светофора определяется по формуле

$$M_{Pi} = \frac{P}{60} \sum_{n=1}^{N_{\Pi}} \sum_{k=1}^{N_{\text{гр}}} (M_{Pi,k} \cdot G_{k,n}),$$

где P (мин) – продолжительность действия запрещающего сигнала светофора (включая желтый цвет); N_{Π} – количество циклов действия запрещающего сигнала светофора за 20-минутный период времени; $N_{\text{гр}}$ – количество групп автомобилей; $M_{Pi,k}$ (г/мин) – удельный выброс i -го ЗВ автомобилями, k -й группы, находящихся в «очереди» у запрещающего сигнала светофора; $G_{k,n}$ – количество автомобилей k -й группы, находящихся в «очереди» в зоне перекрестка в конце n -го цикла запрещающего сигнала светофора.

Значения $M_{Pi,k}$ определяются по приложению 3, в котором приведены усредненные значения удельных выбросов (г/мин), учитывающие режимы движения автомобилей в районе пересечения перекрестка (торможение, холостой ход, разгон), а значения P , N_{Π} , G_k – по результатам показаний.

При расчетной оценке уровней загрязнения воздуха в зонах перекрестков следует исходить из наибольших значений содержания вредных веществ в отработавших газах, характерных для режимов движения автомобилей в районе пересечения автомагистралей (торможение, холостой ход, разгон).

Выброс i -го загрязняющего вещества (ЗВ) в зоне перекрестка при запрещающем сигнале светофора M определяется по формуле

$$M_{Pi} = \frac{P_{\Pi}}{60} \sum_1^{N_{\Pi}} \sum_1^{N_{\text{гр}}} (M'_{\Pi k,i} \cdot G_{k,\Pi}),$$

где P_{Π} – продолжительность действия запрещающего сигнала светофора (включая желтый цвет), мин; N_{Π} – количество циклов действия запрещающего сигнала светофора за 20-минутный период времени; $N_{\text{гр}}$ – количество групп автомобилей; $M'_{\Pi k,i}$ (г/мин) – удельный выброс i -го ЗВ автомобилями k -й группы, находящимися в «очереди» у запрещающего сигнала светофора; $G_{k,\Pi}$ – количество автомобилей k -й группы, находящихся в «очереди» в зоне перекрестка в конце n -го цикла запрещающего сигнала светофора.

Суммарный разовый выброс i -го загрязняющего вещества (г/с), выбрасываемого передвижными источниками при движении в одном направлении за 20-минутный период в районе перекрестка $M_{\Pi i}^C$ определяют по формуле

$$M_{\Pi i}^C = \frac{1}{1200} (M_{\Pi i}^3 + M_{L i}^P),$$

где $M_{\Pi i}^3$ – выброс i -го загрязняющего вещества автотранспортом конкретного направления движения в районе перекрестка при запрещающих движение сигналах светофора за 20-минутный период, г;

$M_{L i}^P$ – выброс i -го загрязняющего вещества автотранспортом конкретного направления движения в районе перекрестка при разрешающих движение сигналах светофора за 20-минутный период, вычисляемый по формуле

$$M_{L i}^P = L_{\Pi} \sum_1^{N_{\Pi}} \sum_1^k M_{k,i}^L \cdot G_{k,p} \cdot r_{V_{k,i}},$$

где L_{Π} – расстояние, проходимое автотранспортом в одном направлении при разрешающих движение сигналах светофора в течение 20 мин, включающее в себя длину очереди автомобилей, образующей при запрещающем движении сигнала светофора, и длину соответствующей зоны перекрестка, км; N_{Π} – количество циклов работы разрешающего движение сигнала светофора в течение 20 мин; k – число групп автомобилей; $M_{k,i}^L$ – удельный пробеговый выброс i -го загрязняющего вещества автомобилями k -й группы, определяемый по таблице приложения 1, г/км; $G_{k,p}$ – количество автомобилей каждой

k -й группы, проходящих через зону перекрестка в одном направлении при разрешающем движении сигнала светофора; $r_{V_{k,i}}$ – поправочный коэффициент, учитывающий среднюю скорость движения потока автотранспортных средств $V_{k,i}$, км/ч на конкретной автомобильной дороге (или ее участке), определяемый по таблице приложения 2.

При необходимости оценки общего разового выброса i -го загрязняющего вещества в граммах в секунду автотранспортом в районе перекрестка суммируют разовые выбросы по каждому направлению движения.

Валовый выброс i -го загрязняющего вещества потоками автотранспортных средств для автотранспорта, движущегося по автомобильной дороге (или ее участку), $M_{L_i}^B$, т/г, вычисляют по формуле

$$M_{L_i}^B = M_{L_i} \cdot \eta_T,$$

где $M_{L_i}^B$ – выброс i -го загрязняющего вещества движущимся потоком автотранспортных средств на автомобильной дороге (или ее участке) фиксированной протяженностью L , г/с; η_T – средний коэффициент пересчета граммов в секунду в тонны в год в зависимости от типа автомобильной дороги, характеризующего разные изменения суммарной интенсивности потока автотранспортных средств, полученный путем обработки результатов наблюдений за интенсивностью потоков автотранспортных средств на автомобильных дорогах разной категории, определяемый по таблице приложения 4.

Валовый выброс i -го загрязняющего вещества для автотранспорта, находящегося на перекрестке, $M_{\Pi_i}^B$, т/г, вычисляют по формуле

$$M_{\Pi_i}^B = M_{\Pi_i}^C \cdot \eta_T,$$

где $M_{\Pi_i}^C$ – суммарный разовый выброс i -го загрязняющего вещества автотранспортом, движущимся в одном направлении за 20-минутный период дополнительного обследования в районе перекрестка, г/с.

3.5. Оценка экологической эффективности мероприятий, направленных на снижение выбросов ЗВ

Одним из экологических критериев, используемых при оценке последствий принятия решения по совершенствованию дорожной сети, организации автомобильных перевозок или оптимизации парка транспортных средств, может служить отношение суммарной приведенной массы выбросов ЗВ до и после предлагаемых мероприятий [29].

Приведенная масса выброса загрязняющих веществ M' (усл. т) представляет собой условную величину, позволяющую в сопоставимом виде отразить эколого-экономическую опасность или вредность общей суммы разнообразных загрязнений, поступающих в атмосферу. Она рассчитывается по формуле

$$M' = \sum_{i=1}^N M_i \times K_{zi},$$

где M_i – масса выброса в атмосферной воздух i -го загрязняющего вещества или группы веществ с одинаковым коэффициентом относительной эколого-экономической опасности, т/год; K_{zi} – коэффициент относительной эколого-экономической опасности i -го загрязняющего вещества или группы веществ (табл. 9); i – индекс загрязняющего вещества или группы загрязняющих веществ; N – количество учитываемых групп загрязняющих веществ.

Таблица 9

Коэффициенты относительной эколого-экономической опасности загрязняющих веществ [29]

Наименование ЗВ	Значение коэффициента K_{zi}
Оксид углерода	0,33
Углеводороды суммарные	6,3
Оксиды азота	25,0
Диоксид серы	20,0
Бенз(а)пирен	$1 \cdot 10^6$
Оксид азота (закись азота)	25,0
Твердые частицы (сажа)	50,0
Углеводороды ароматические (бензол)	10,0
Альдегиды – СНО (формальдегид)	333,0

Экологическая эффективность принятых мероприятий может быть рассчитана по формуле

$$\Xi = \frac{M' - M''}{M'},$$

где M'' – приведенная масса загрязняющего вещества после проведения мероприятий.

3.6. Расчет выбросов парниковых газов от передвижных источников

Выбросы ПГ от передвижных источников можно рассчитать в соответствии с рекомендациями Приказа Минприроды России от 27.05.2022 № 371 «Об утверждении методик количественного определения объемов выбросов парниковых газов и поглощений парниковых газов».

Указанная категория источников выбросов парниковых газов включает выбросы CO_2 в атмосферный воздух, возникающие в результате сжигания всех видов газообразного, жидкого и твердого топлива в двигателях транспортных средств автомобильного (в том числе автомобилями индивидуальных владельцев), железнодорожного, морского, внутреннего водного и воздушного видов транспорта при осуществлении пассажирских и грузовых перевозок, а также вспомогательными установками для выработки тепловой и (или) электрической энергии для транспортных средств и собственных нужд организаций транспорта, а также для осуществления иных технологических операций.

Организации, использующие технику на основе договора аренды или лизинга, должны учитывать выбросы от данного вида транспорта совместно с транспортом, принадлежащим организации на основе права собственности. Организации, предоставляющие технику на основе договора аренды или лизинга другим сторонним компаниям, должны предоставлять данные о выбросах парниковых газов в качестве справочной информации, независимо от форм собственного управления, владения и контроля за транспортными средствами.

В целях определения выбросов CO_2 , возникающих в результате сжигания моторного топлива в двигателях транспортных средств, организации определяют расход моторного топлива, используемого для осуществления перевозок автомобильным, железнодорожным, авиационным, морским и речным транспортом за отчетный период по видам топлива [14].

Определение массы (объема) потребленного топлива должно выполняться организациями в соответствии с нормативными правовыми актами Российской Федерации.

Расход топлива определяется по данным поставщика топлива или по данным измерений, выполненных непосредственно на транспортном средстве.

В расчет израсходованного топлива должно быть включено потребление топлива вспомогательными силовыми установками транспортных средств, не предназначенными для приведения транспортного средства в движение.

Использование в качестве топлива древесины, древесных отходов, древесного угля или других видов биомассы исключается из расчетов.

Плотность моторного топлива определяется организациями для каждой партии топлива по результатам лабораторных испытаний, выполненных организацией, осуществляющей перевозки грузов или пассажиров, или поставщиком топлива в соответствии с нормативными правовыми актами Российской Федерации, а при отсутствии фактических данных принимается в соответствии со стандартными значениями, приведенными в таблице приложения 7.

Организации воздушного, морского и внутреннего водного транспорта должны разделять потребление топлива транспортными средствами данных видов транспорта за отчетный период на международные и внутренние рейсы на основании начальных, промежуточных и конечных пунктов полета воздушных судов или морских и речных судов для каждого рейса, а не по территориальной принадлежности авиационной, морской или речной компании.

3.6.1. Расчет выбросов CO₂ от сжигания топлива в двигателях автотранспортных средств

Расчет выполняется по отдельным типам автотранспортных средств (грузовой, пассажирский, легковой) и видам потребленного топлива по формуле

$$E_{CO_2,y} = \sum_{j,b,y} (FC_{j,b,y} \cdot EF_{j,b}),$$

где $E_{CO_2,y}$ – выбросы CO₂ от сжигания топлива в двигателях автотранспортных средств за период y , т CO₂; $FC_{j,b,y}$ – расход топлива вида j транспортным средством типа b за период y , т; $EF_{j,b}$ – коэффициент выбросов CO₂ при использовании в транспортном средстве типа b вида топлива j , т CO₂/т (принимается по таблице приложения 7);

j – вид топлива (бензин, дизельное топливо, сжиженные нефтяной и природные газы); b – тип транспортного средства (грузовой, пассажирский, легковой).

Если учет потребления топлива в организации осуществляется в объемных единицах, то израсходованное топливо за отчетный период ($FC'_{j,b,y}$) определяется с учетом расхода и плотности топлива по формуле:

$$FC_{j,b,y} = \sum (FC'_{j,b,y} \cdot \rho) \cdot 10^{-3},$$

где $FC'_{j,b,y}$ – расход топлива вида j транспортным средством типа b за период y , выраженной в объемной величине, дм^3 ; ρ – плотность топлива вида j , кг/дм^3 .

Плотность топлива принимается по фактическим значениям организации, осуществляющей перевозки автотранспортными средствами или по справочным данным, приведенным в таблице приложения 8.

3.6.2. Расчет выбросов CO_2 от сжигания моторного топлива и других видов топливно-энергетических ресурсов на морском и внутреннем водном транспорте

Расчет выполняется по видам маршрутов (внутренние или международные) в зависимости от вида топлива, типа двигателя судна и режима его работы по формуле

$$E_{\text{CO}_2,y} = \sum_{\text{INT}}^{\text{DOM}}_{j,b,y} \left(FC_{\text{INT},b,y}^{\text{DOM}} \cdot CF_{TCE,j} \cdot CF_{NCV,j} \cdot EF_{j,b} \right) \cdot 10^{-3},$$

где $E_{\text{CO}_2,y}$ – выбросы CO_2 от сжигания моторного топлива и других видов топливно-энергетических ресурсов на морском и речном транспорте за период y , т CO_2 ; $FC_{\text{INT},b,y}^{\text{DOM}}$ – расход топлива вида j (мазут, дизельное топливо) на судне типа b при внутренних (DOM) или международных (INT) перевозках морским или внутренним водным транспортом за период y , т; $CF_{TCE,j}$ – коэффициент пересчета в тонны условного топлива в угольном эквиваленте по виду топлива j ; $CF_{NCV,j}$ – коэффициент пересчета в теплотворную способность топлива по

виду топлива j , ТДж/т; $EF_{j,b}$ – коэффициент выбросов CO_2 при использовании на судне типа b вида топлива j , т CO_2 /т (принимается по таблице приложения 8); j – вид топлива (дизельное топливо, мазут, сжиженный нефтяной газ); b – тип судна соответственно при внутренних (DOM) или международных (INT) перевозках морским или внутренним водным транспортом.

Коэффициент пересчета топлива в тонны условного топлива в угольном эквиваленте ($CF_{TCE,j}$) и коэффициент пересчета в теплотворную способность топлива ($CF_{NCV,j}$) определяются на основании данных о виде топлива и типе двигателей конкретных судов.

В случае отсутствия данных о коэффициенте пересчета топлива в тонны условного топлива в угольном эквиваленте ($CF_{TCE,j}$) его значение применяется для мазута 1,43 т/т, для дизельного топлива – 1,45 т/т.

В случае отсутствия данных о коэффициенте пересчета в теплотворную способность топлива ($CF_{NCV,j}$) его значение применяется равным 0,0293 ТДж/т.у.т.

При оценке выбросов CO_2 судами не учитываются конструктивные коэффициенты энергетической эффективности новых судов морского и внутреннего водного транспорта, а также среднегодовой эксплуатационный коэффициент энергоэффективности существующих судов морского и внутреннего водного транспорта и не рассматриваются использующие эти коэффициенты методики оценки выбросов парниковых газов.

3.6.3. Расчет выбросов ПГ от передвижных источников с использованием методики Глобального экологического фонда

Расчет выбросов парниковых газов от передвижных источников можно произвести с использованием методики Глобального экологического фонда (ГЭФ) [3], а также разработанных в Проекте ПРООН/ГЭФ-Минтранс методических рекомендаций для транспортных организаций.

Общая методология декарбонизации при осуществлении проектов Глобального экологического фонда изложена в «Рекомендациях по расчету сокращения выбросов парниковых газов за счет проектов ГЭФ в транспортной отрасли» [4]. Главной целью проектов

ГЭФ является улучшение состояния окружающей среды как на глобальном уровне, так и реализация сопутствующих местных экологических преимуществ в ходе реализации проектов в транспортной отрасли.

Существует четыре физических компонента транспортной отрасли, на которые проекты ГЭФ могут оказывать воздействие, в целях снижения выбросов парниковых газов: объем транспортной работы, тип дороги, выбираемый вид транспортного сообщения и экологические характеристики транспортных средств, КПД и удельные характеристики автомобильного топлива, а также интенсивность выбросов ПГ АТС при использовании конкретного вида топлива.

Прямое сокращение выбросов ПГ рассчитывается путем оценки влияния на один или несколько компонентов транспортной системы изменения количества выбросов парниковых газов, ожидаемого за счет прямых и совместных инвестиций ГЭФ, выделенных во время контролируемого периода реализации проекта. Затем делается прогноз и суммируются значения соответственно как в период, так и после реализации проекта.

Неизрасходованное топливо или энергия умножаются на предельную интенсивность выбросов ПГ данных энергоресурсов в CO_2 -экв. [4] в соответствии с формулой

$$[\text{CO}_2\text{-экв. прям.}] = [e] \cdot [I] \cdot [c] = [E] \cdot [c],$$

где $[\text{CO}_2\text{-экв. прям.}]$ – прямое воздействие на сокращение выбросов ПГ при успешной реализации проекта в CO_2 -экв., т; $[e]$ – среднегодовое замененное количество топлива/энергии, объем/масса используемого топлива (или кВт·ч, если речь идет об электричестве ($1\text{кВт}\cdot\text{ч} = 3,6\text{МДж}$; $1\text{ТДж} = 277778\text{ кВт}\cdot\text{ч}$)); $[I]$ – средний срок службы, год; $[c]$ – интенсивность выбросов ПГ данного вида топлива/энергии (удельный выброс CO_2 –экв.); $[E]$ – общее количество топлива или энергии, неизрасходованной или замененной, объем/масса используемого топлива (или кВт·ч, если речь идет об электричестве).

Коэффициенты выбросов ПГ представлены в табл. 10.

Коэффициенты выбросов ПГ

Вид ТС	Скорость, км/ч	Вид топлива, % в балансе		Топливная эффективность, км/дм ³		Удельный выброс ПГ, кг СО ₂ -экв/дм ³		Пробеговые выбросы ПГ, кг СО ₂ -экв/км		Коэф. выбросов, кг СО ₂ -
		Бензин	Дизтопливо	Бензин	Дизтопливо	Бензин	Дизтопливо	Бензин	Дизтопливо	Все виды топлива
Легковые. АТС	22	95	5	9	11	2,75	2,94	0,31	0,2 7	0,30
Такси	22	30	70	8	11	2,75	2,94	0,34	0,2 7	0,29
Автобусы	22		100	1,8	2,2	2,75	2,94	1,53	1,34	1,34
Легкие коммерческие и джипы	22		100	6	7	2,75	2,94	0,46	0,42	0,42

3.6.4. Расчет требуемой степени очистки производственных стоков

Выполнение оценки требуемой очистки сточных вод (СВ) позволит сделать обоснованный выбор типа и мощности очистных сооружений, вариантов размещения оголовков выпуска (у берега или в фарватер) и их конструктивных особенностей.

Методика расчета

Промышленное предприятие через очистные сооружения сбрасывает сточные воды в водоем (рис. 2).

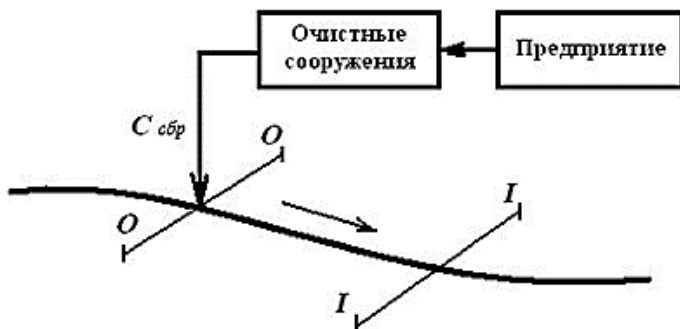


Рис. 2. Ситуационная схема для расчета условий сброса сточных вод:

О–О – «нулевой» створ, где производится сброс сточных вод;

I–I – «расчетный» створ, начиная с которого воды водного объекта должны отвечать санитарным требованиям для данного вида водопользования; $C_{сбр}$ – концентрация загрязняющих веществ в сточной воде, подлежащей сбросу (мг/дм^3)

Участок водоема от места выпуска стоков условно делят на три зоны:

- 1) начального разбавления, в которой скорости истечения стоков (v_c) существенно выше скорости потока воды (v_n);
- 2) основного разбавления, в которой $v_c = v_n$ и перемешивание стоков идет за счет турбулентной диффузии;
- 3) самоочищения, эту зону в расчетах не учитывают.

Общее разбавление СВ определяют как произведение кратности начального и основного разбавлений (n_n и n_0), являющихся результатом перемешивания стоков в 1-й и 2-й зонах.

Значение n_n определяют по формуле

$$n_n = \frac{0,248}{m} \cdot d^2 \cdot \left(\sqrt{m^2 + 8,1 \cdot \left(\frac{1-m}{d^2} \right)} - m \right),$$

где d – отношение расчетного диаметра струи к диаметру выпускного отверстия; m – безразмерный коэффициент, величину которого находят по формуле

$$m = \sqrt{\frac{P_n}{P_c} \cdot \frac{v_n^2}{v_c^2}},$$

где P_n и P_c – плотности соответственно потоков воды и СВ, принимаемые обычно равными единице.

Значение n_0 рассматривают как обратную величину коэффициента смешения γ , определяемого по формуле Фролова–Родзиллера

$$\gamma = \frac{1 - \exp(-\alpha^3 \sqrt[3]{l_\phi})}{1 + \frac{Q_{\min}}{Q_{\max}} \exp(-\alpha^3 \sqrt[3]{l_\phi})} = \frac{1 - e^{-\alpha^3 \sqrt[3]{l_\phi}}}{1 + \frac{Q_{\min}}{Q_{\max}} e^{-\alpha^3 \sqrt[3]{l_\phi}}},$$

где l_ϕ – расстояние от выпуска СВ до створа водопользования по фарватеру (км); α – безразмерный коэффициент, учитывающий гидрологические особенности водоема. Значение α находят по формуле

$$\alpha = \tau \cdot \xi \cdot \sqrt[3]{\frac{D}{Q_{\max}}},$$

где τ – коэффициент, зависящий от места выпуска СВ: у берега $\tau = 1$, в бурной части реки (фарватере) $\tau = 1,5$; ξ – коэффициент извилистости, равный отношению l_n (расстояние от выпуска СВ до створа водопользования по прямой) к l_ϕ (км); D – коэффициент турбулентной диффузии.

Для равнинных рек и упрощенных расчетов коэффициент D вычисляют по формуле М.В. Потапова

$$D = \frac{v_n \cdot h}{200},$$

где h – глубина водоема, м.

Расчетную концентрацию ЗВ C_p , после полного перемешивания находят по формуле

$$C_p = \frac{C_{\text{исх}}}{n_n \cdot n_0},$$

$$n_0 = \frac{1}{\gamma},$$

где $C_{\text{исх}}$ – концентрация ЗВ в неочищенных стоках, мг/дм³.

Требуемую степень очистки Ξ_0 определяют по формуле

$$\Xi_0 = \frac{C_p - C_{\text{ПДК}}}{C_p},$$

Значение ПДК данного ЗВ берут из нормативных документов, при наличии фоновой загрязненности $C_{\text{ПДК}}$ уменьшают на величину фоновой концентрации данного ЗВ.

3.7. Расчет и оценка шумового воздействия транспортного потока. Способы защиты от шума

Оценка уровня шумового воздействия транспорта на окружающую среду производится при наличии в зоне влияния дороги мест, чувствительных к шумовому воздействию селитебных и промышленных территорий населенных пунктов, санитарно-курортных зон, территорий сельскохозяйственного назначения (при наличии специальных требований), заповедников, заказников, а также в других случаях специально обусловленных заданием на проектирование.

Уровень звукового давления определяется по формуле

$$L_p = 10 \lg \left(\frac{P}{P_0} \right), \quad (3.1)$$

где L_p – уровень звукового давления, дБ; P – интенсивность действующего звука (шума), Вт/м²; P_0 – интенсивность звука, соответствующая порогу слышимости при частоте звука 1000 Гц; принимается равным 10⁻¹² Вт/м².

Из формулы (3.1) видно, что увеличение интенсивности звука в 10 раз дает рост уровня звука на 10 дБ.

Величина эквивалентного уровня транспортного шума, образующегося на эксплуатируемой дороге, зависит от следующих факторов.

1. Транспортные факторы:

- количество транспортных средств (интенсивность движения);
- состав движения;
- эксплуатационное состояние транспортных средств;
- применение звуковых сигналов.

2. Дорожные факторы:

- плотность транспортного потока;
- продольный профиль (подъемы, спуски);
- наличие и тип пересечений и примыканий;
- вид покрытия, шероховатость;
- ровность покрытия;
- поперечный профиль, наличие насыпей и выемок;
- число полос движения;
- наличие разделительной полосы;
- наличие остановочных пунктов для транспорта.

3. Природно-климатические факторы:

- атмосферное давление;
- влажность воздуха;
- температура воздуха;
- скорость и направление ветра, турбулентность воздушных потоков;
- осадки.

Прогнозирование эквивалентного уровня звука транспортного потока $L_{\text{трп}}$ на расстоянии 7,5 м от оси ближайшей полосы движения и на высоте 1,5 м над уровнем проезжей части, дБА, определяется в зависимости от интенсивности движения по таблице приложения 9 (прямой горизонтальный участок дороги, мелкозернистое асфальтобетонное покрытие проезжей части, в составе транспортного потока 40% грузовых автомобилей и автобусов) или по формуле

$$L_{\text{трп}} = 50 + 8,8 \lg N, \quad (3.2)$$

где $L_{\text{трп}}$ – уровень шума на расстоянии 7,5 м от оси ближней полосы движения, дБ; N – расчетная интенсивность движения в дневной или ночной периоды времени., авт./ч, определяемая по формулам.

$$N_{\text{д}} = 0,076 \cdot N_{\text{сут}},$$

$$N_{\text{н}} = 0,039 \cdot N_{\text{сут}},$$

где $N_{\text{д}}$ – расчетная интенсивность движения, авт./ч, за 1 ч наиболее интенсивного движения в дневное время (с 7.00 до 23.00 ч);

N_H – расчетная интенсивность движения, авт./ч, за 1 ч наиболее интенсивного движения в ночное время (с 23.00 до 7.00 ч); $N_{сут}$ – среднегодовая суточная интенсивность движения, авт./сут

Эквивалентный уровень шума в придорожной полосе определяется по формуле

$$L_{\text{экв}} = L_{\text{трп}} + \Delta L_{\text{ск}} + \Delta L_{\text{ук}} + \Delta L_{\text{пок}} + \Delta L_{\text{груз}} + \Delta L_{\text{рп}} \quad (3.3)$$

где $\Delta L_{\text{ск}}$ – поправка, учитывающая среднюю скорость движения, дБ (принимается по табл. 11); $\Delta L_{\text{ук}}$ – поправка, учитывающая величину продольного уклона, дБ, (принимается по табл. 12); $\Delta L_{\text{пок}}$ – поправка, учитывающая тип покрытия проезжей части дороги, дБ, (принимается по табл. 13); $\Delta L_{\text{груз}}$ – поправка, учитывающая грузовые автомобили и автобусы в составе транспортного потока, дБ; определяется по табл. 14 (к грузовым относят автомобили, масса которых составляет более 3500 кг); $\Delta L_{\text{рп}}$ – поправка, учитывающая ширину центральной разделительной полосы, дБ (принимается по табл. 15);

Полученные величины эквивалентного уровня шума $\Delta L_{\text{экв}}$ не должны превышать для конкретных условий предельных величин, установленных санитарными нормами, приведенными в табл. 16.

Если установленные предельные значения превышены, следует применять мероприятия и сооружения защиты от шума.

Рекомендуются следующие мероприятия:

- устройство древесно-кустарниковой полосы;
- применение шумозащитных барьеров, валов;
- прокладка трассы дороги в выемке;
- шумозащитное остекление оконных проемов жилых зданий;
- перенос трассы дороги.

Для оценки акустического комфорта на прилегающей к дороге территории с учетом характера и интенсивности движения в дневной (с 7.00 до 23.00 ч) и ночной (с 23.00 до 7.00 ч) периоды времени определяются эквивалентные и максимальные уровни звука в расчетных точках.

При применении шумозащитных мероприятий уровень шума в расчетной точке определяется по формуле

$$L = L_{\text{экв}} - \Delta L_{\text{в}} - \Delta L_{\text{з}},$$

где $L_{\text{экв}}$ – эквивалентный уровень шума, определяемый по формуле; $\Delta L_{\text{в}}$ – величина снижения уровня шума различными типами зеленых насаждений, принимается по табл. 17; ΔL_z – величина снижения уровня шума в зависимости от высоты и положения экрана определяется по формуле

$$\Delta L_z = \Delta L_{\text{А экр } \alpha} + \Delta_d,$$

где $\Delta L_{\text{А экр } \alpha}$ определяется в следующем порядке:

1. определяется $\Delta L_{\text{А экр } \beta}$ в зависимости от высоты экрана по формуле

$$\Delta L_{\text{А экр } \beta} = 18,2 + 7,8 \times \lg(a+b-c+0,02),$$

где в соответствии с рис. 3:

$$\begin{aligned} a^2 &= (k+m)^2 + (H-h_1)^2; \quad b^2 = h_2^2 + [L-(k+m)]^2; \\ &= L^2 + [(H-h_1) + h_2]^2; \\ h_{\text{экр}} &= \frac{L(H-h_1) - (k+m)(H-h_1 + h_2)}{\sqrt{L^2 + (H-h_1 + h_2)^2}}. \end{aligned}$$

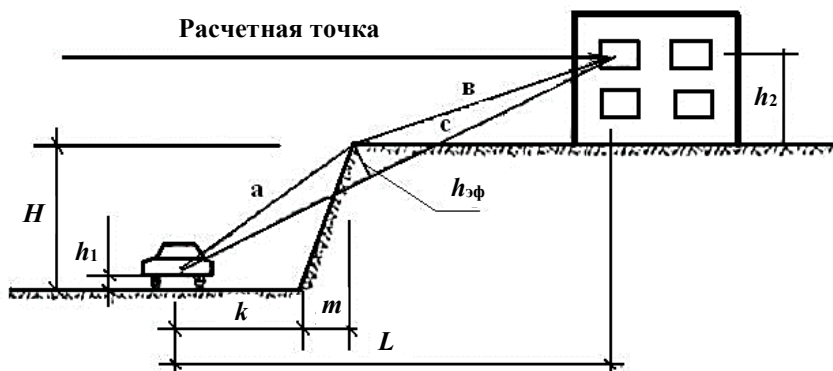


Рис. 3. Схема к расчету шумового воздействия

На рисунке обозначено: а – кратчайшее расстояние между геометрическим центром источника шума и верхней кромкой защитного сооружения, м; в – кратчайшее расстояние между расчетной точкой

и верхней кромкой защитного сооружения, м; s – кратчайшее расстояние между геометрическим центром источника шума и расчетной точкой, м; H – высота защитного экрана или глубина выемки, м; h_1 – высота геометрического центра источника шума над поверхностью дороги, м; h_2 – высота расчетной точки над поверхностью дороги, м; $h_{\text{эф}}$ – эффективная высота защитного сооружения, м; k – расстояние от расчетной оси полосы движения до границы откоса выемки или до экрана, м; m – проекция откоса выемки на горизонтальную плоскость, м; L – расстояние от геометрического центра источника шума до заданного объекта, м.

Отсюда следует, что расчетная точка должна быть удалена от края выемки на расстояние не менее ее глубины, т.е. $L \geq (k+m+H)$.

Высота источника шума над поверхностью покрытия для легкового движения h_1 принимается равным 0,4 м, для грузового – 1,0 м.

2. Определяется величина снижения уровня шума в зависимости от положения экрана в плане (рис. 4) – $\Delta L_{\text{А экр } \alpha 1}$ и $\Delta L_{\text{А экр } \alpha 2}$ по табл. 18.

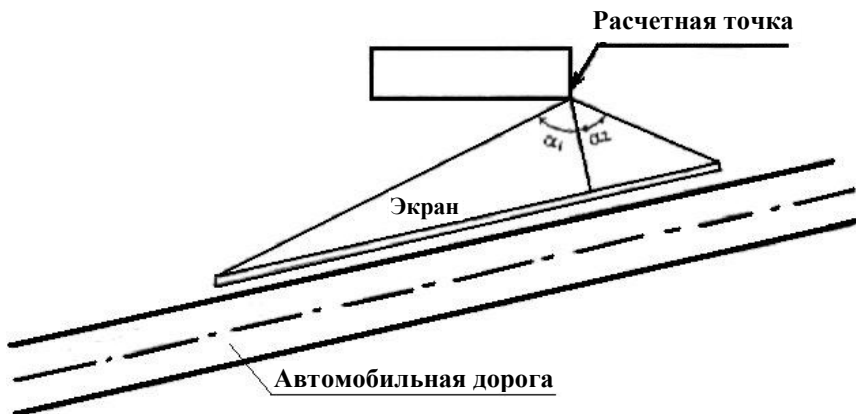


Рис. 4. Схема расчета длины шумозащитного экрана

3. Определяется $\Delta L_{\text{А экр } \alpha}$ как наименьшая из $\Delta L_{\text{А экр } \alpha 1}$ и $\Delta L_{\text{А экр } \alpha 2}$.

Δ_d – поправка, зависящая от величины разности $\Delta L_{\text{А экр } \alpha 1} - \Delta L_{\text{А экр } \alpha 2}$ определяется по табл. 19.

При проектировании шумозащитных посадок следует стремиться получить в сечении общего контура форму треугольника с более пологой стороной к источнику шума. В этих целях ряды в широких полосах располагают в следующем порядке: 1 – низкий кустарник; 2 – высокий кустарник; 3 – дополнительные древесные породы (подлесок); 4-7 – ряды основных пород; 8 – дополнительные породы; 9 – высокий кустарник (номер ряда считается от источника шума).

Расстояния между растениями следует принимать в соответствии с табл. 20.

При конструировании шумозащитных ограждений следует учитывать эстетические требования, безопасность движения, прочность, устойчивость, технологические условия строительства и эксплуатации.

Таблица 11

Поправка, учитывающая отличие фактической скорости движения транспортного потока от скорости движения соответствующей интенсивности движения, которая определена по формуле (3.2)

Разность скоростей движения, км/ч	–20	–17	–12	–7	+7	+15	+20
Поправка ΔL_v , дБА	–3,5	–3,0	–2,0	–2,0	+1,0	+2,0	+2,5

Таблица 12

Значение поправок на продольный уклон – $\Delta L_{ук}$

Доля грузовых автомобилей и автобусов в составе транспортного потока, %	< 25	25–50	50–85	85–100
Поправка ΔL_i , дБА, при уклоне, %:				
	+2	+2	+3	+3
	+2	+3	+4	+5

Таблица 13

Значение поправок на вид покрытия – $\Delta L_{\text{пок}}$

Тип покрытия проезжей части	Доля легковых автомобилей в потоке, %	Величина поправки ΔL_d , дБА
Шероховатая поверхностная обработка	Менее 10	0
	10–30	+0,5
	30–55	+1,0
	55–75	+2,0
	75–90	+3,0
	90–100	+4,0
Асфальтобетон	Менее 15	0
	15–45	+0,5
	45–65	+1,0
	65–90	+1,5
	90–100	+3,0
Щебеночно-мастичный асфальтобетон (ЩМА)	До 55	–1,0
	Свыше 55	–2,0

Таблица 14

Поправка, учитывающая грузовые автомобили и автобусы в составе транспортного потока – $\Delta L_{\text{груз}}$

Доля грузовых автомобилей и автобусов в составе потока, %	< 5	5–20	20–35	35–50	50–60	65–85	85–100
Величина поправки ΔL_k , дБА	–3	–2	–1	0	+1	+2	+3

Таблица 15

Значение поправок, учитывающих ширину центральной разделительной полосы – $\Delta L_{\text{рп}}$

Ширина центральной разделительной полосы, м	2	4	6	10	20 и более
Величина поправки $\Delta L_{\text{рп}}$, дБА	0	–0,5	–0,75	–1,0	–1,5

Таблица 16

**Допустимые эквивалентные уровни звука проникающего шума
в помещениях жилых и общественных зданий и шума на территории
жилой застройки**

Вид трудовой деятельности, рабочее место	Эквивалентные уровни звука, дБА	
	с 23 до 7 часов (ночь)	с 7 до 23 часов (день)
Жилые комнаты квартир, жилые помещения домов отдыха, пансионатов, домов-интернатов для престарелых и инвалидов, спальни в детских дошкольных учреждениях и школах-интернатах	30	40
Территории, непосредственно прилегающие к зданиям больниц и санаториев	35	45
Территории, непосредственно прилегающие к жилым домам, зданиям поликлиник, зданиям амбулаторий, диспансеров, домов отдыха, пансионатов, домов-интернатов для престарелых и инвалидов, детских дошкольных учреждений, школ и других учебных заведений, библиотек	45	55
Площадки отдыха на территории микрорайонов и групп жилых домов, домов отдыха, пансионатов, домов-интернатов для престарелых и инвалидов, площадки детских дошкольных учреждений, школ и других учебных заведений	45	45

Таблица 17

**Величины снижения уровня шума различными типами зеленых
насаждений – ΔL_B**

Состав посадок	Ширина посадок, м	Снижение уровня шума за полосой, дБА			
		Интенсивность движения, авт/ч			
		до 60	200	600	≥ 1200
1	2	3	4	5	6
1. Три ряда лиственных пород (клен остролистный, вяз, липа мелколистная, тополь бальзамический) с кустарником в виде живой изгороди или подлеска (клен татарский, спирея калинолистная, жимолость татарская)	10	6	7	8	8

Окончание табл. 17

1	2	3	4	5	6
2. Четыре ряда лиственных пород (липа мелколистная, клен остролистный, тополь бальзамический) с кустарником в виде двухъярусной изгороди (акация желтая, спирея, гордовина, жимолость татарская)	15	7	8	9	9
3. Четыре ряда хвойных пород (ель, лиственница) шахматной посадки с двухъярусным кустарником (терн белый, клен татарский, акация желтая, жимолость)	15	13	15	17	18
4. Пять рядов лиственных пород (аналогично п. 2)	20	8	9	10	11
5. Пять рядов хвойных пород (аналогично п. 3)	20	14	16	18	19
6. Шесть рядов лиственных пород (аналогично п. 2)	25	9	10	11	12

Таблица 18

Снижение уровня шума, дБА

Величина	Угол α_1 или α_2 в градусах						
$\Delta L_{\text{А экр } \alpha}$	45	50	55	60	70	80	85
6	1,2	1,7	2,3	3,0	4,5	5,7	6,0
8	1,7	2,3	3,0	4,0	5,6	7,4	8,0
10	2,2	2,9	3,8	4,8	6,8	9,0	10,0
12	2,4	3,1	4,0	5,1	7,5	10,2	11,7
14	2,6	3,4	4,3	5,4	8,1	11,5	13,3
16	2,8	3,6	4,5	5,7	8,6	12,4	15,0
20	3,2	3,9	4,9	6,1	9,4	13,7	18,7
24	3,5	4,3	5,8	6,5	10,2	15,4	22,6

Таблица 19

Величины поправки Δ_d

$\Delta L_{\text{А экр } \alpha 1} - \Delta L_{\text{А экр } \alpha 2}$	0	2	4	8	12	16	20
Поправка Δ_d	0	0,8	1,5	2,4	2,8	2,9	3,0

Расстояния между растениями в шумозащитных посадках

Тип растений	В ряду, м	Между рядами, м
Основная порода	3,0	3,0
Дополнительная порода	2,0	2,0
Высокий кустарник	1,0-1,5	1,5
Низкий кустарник	0,5	1,5

Задание на расчет

При выполнении данной работы, пользуясь исходными данными (табл. 21), обучающийся должен:

1. Рассчитать величину эквивалентного уровня шума от транспортного потока на заданном расстоянии от крайней полосы движения.

2. Предложить и обосновать соответствующие инженерные решения для обеспечения допустимого уровня шума в расчетной точке.

В качестве исходных данных следует принять:

1. Интенсивность движения автотранспорта в часы пик дневного времени N , авт/ч.

2. Суммарная доля грузового и общественного транспорта в потоке, %.

3. Средняя скорость движения автотранспорта в потоке V , км/ч.

4. Продольный уклон проезжей части дороги принять равным: номер варианта четный: $i = 2 ‰$, номер варианта нечетный: $i = 4 ‰$.

5. Расстояние до расчетной точки L , м.

6. Принять высоту расчетной точки ($H + h_2$) 15 м.

7. Расстояние от расчетной оси полосы движения до границы откоса выемки вместе с расстоянием проекции откоса на горизонтальную плоскость ($k + m$) принять равным 4,0 м.

8. Принять в расчетах тип верхнего покрытия проезжей части (по вариантам):

– варианты №№ 1, 4, 7, 10 и т.д. – шероховатая поверхностная обработка;

– варианты №№ 2, 5, 8, 11 и т.д. – асфальтобетон;

– варианты №№ 3, 6, 9, 12 и т.д. – щебеночно-мастичный асфальтобетон.

9. Число полос движения – 4, ширина разделительной полосы – 5 м;

10. Тип поверхности между дорогой и точкой измерения:

- вспаханная для вариантов 1 – 15,
- травяной покров – для вариантов 16 – 30;

Таблица 21

Исходные данные к расчету шумового воздействия

Вариант	Количество, авт/ч	Состав транспортного потока, %		V, км/ч	L, м	Высота защитного экрана, H, м
		легковые	грузовые и автобусы дизельные			
1	1500	95	5	70	45	4,0
2	850	93	7	65	30	4,0
3	1050	96	4	60	40	4,0
4	1100	90	10	75	40	4,0
5	1300	95	5	80	45	4,0
6	1200	96	4	55	25	4,5
7	1900	97	3	60	30	4,5
8	700	95	5	60	30	4,5
9	2010	91	9	80	50	4,5
10	1800	89	11	70	55	4,5
11	630	91	9	65	35	5,0
12	850	92	8	60	40	5,0
13	950	86	14	60	40	5,0
14	1705	88	12	65	50	5,0
15	1350	90	10	60	45	5,0
16	580	96	4	50	30	4,0
17	1760	90	10	70	40	4,0
18	990	95	5	65	35	4,0
19	3250	83	17	80	70	4,0
20	1900	81	19	75	60	4,0
21	1340	88	12	70	55	4,5
22	610	95	5	60	45	4,5
23	840	96	4	65	40	4,5
24	1480	92	8	75	35	4,5
25	1650	90	10	80	40	4,5
26	770	88	7	70	50	5,0
27	950	86	11	65	45	5,0
28	1230	83	10	60	30	5,0
29	1410	81	6	75	40	5,0
30	1600	95	8	80	35	5,0

Контрольные вопросы

1. Для каких вредных загрязняющих веществ осуществляются расчеты выбросов, поступающих в атмосферу с отработавшими газами автомобилей?
2. Какой вид предельно допустимых концентраций используют при проведении расчетов для автомобилей с бензиновыми двигателями?
3. Какой вид предельно допустимых концентраций используют при проведении расчетов для автомобилей с дизельным двигателем?
4. На основе какого мониторинга определяются параметры используемые при расчете выбросов, поступающих в атмосферу с отработавшими газами автомобилей?
5. По какой формуле осуществляется расчет выбросов загрязняющих веществ автотранспортным потоком для автомагистрали (или ее участка) при наличии регулируемого перекрестка?
6. По какой формуле осуществляется выброс i -го загрязняющего вещества движущимся автотранспортным потоком на автомагистрали (или ее участке) с фиксированной протяженностью?
7. По какой формуле осуществляется выброс i -го загрязняющего вещества в зоне перекрестка при запрещающем сигнале светофора?

4. РАСЧЕТ ПЛАТЕЖЕЙ ЗА ВЫБРОСЫ ЗВ ОТ ПЕРЕДВИЖНЫХ ИСТОЧНИКОВ

4.1. Платежи за допустимые выбросы ЗВ автотранспортных средств (АТС)

Плата за выбросы загрязняющих веществ от передвижных источников была отменена 01.01.2015. Плата вносится только за выбросы от стационарных источников выбросов (п. 1 ст. 16 Закона [2], Письмо Минприроды России от 23.07.2015 № 02-12-44/17039, направлено Письмом Росприроднадзора от 03.08.2015 № АА-06-01-36/13498).

Под стационарным источником понимается источник выбросов, расположенный в пределах единой государственной системы координат или перемещаемый передвижным источником (транспортным средством) (ст. 1 Закона №96-ФЗ).

В 2017 г. Росприроднадзор указывал, что открытые стоянки и подобные территории не могут являться источниками выбросов вредных (загрязняющих) веществ в связи с тем, что не являются сооружениями, техническими устройствами, оборудованием, которые выделяют загрязняющие вещества. Разъяснялось, что гаражи, открытые стоянки, которые используются только для въезда/выезда автотранспорта, не подлежат нормированию.

В это время встал вопрос о целесообразности и необходимости учета выбросов от передвижных источников. Более того, в некоторых регионах при согласовании нормативов допустимых выбросов (НДВ) в органах Росприроднадзора со ссылкой на вышеуказанные разъяснения просили не рассчитывать выбросы от стоянок, гаражей и проездов. Но при согласовании границ санитарно-защитных зон в соответствии с нормами СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 [9] органы Роспотребнадзора требовали учитывать и воздействие автотранспорта. В связи с этим в большинстве случаев нормируемые выбросы на транспортных предприятиях, базах дорожной и строительной техники от двигателей транспортных средств продолжают учитываться, и платежи осуществляются как от стационарных источников [10].

При расчете платы за загрязнение окружающей среды необходимо руководствоваться Постановлением Правительства РФ от

13.09.2016 № 913 «О ставках платы за негативное воздействие на окружающую среду и дополнительных коэффициентах» [11] с учетом Постановления Правительства РФ от 20.03.2023 № 437 «О применении в 2023 году ставок платы за негативное воздействие на окружающую среду» [12]. Постановлением № 913 [11] предусмотрены размеры ставок: за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ стационарными источниками, за сбросы загрязняющих веществ в водные объекты, а также при размещении отходов.

Размер платежей автотранспортного предприятия определяется как сумма платежей за загрязнение [13]:

- в пределах (равных или менее) нормативов допустимых выбросов, установленных предприятию;
- в пределах временно разрешенных выбросов ЗВ;
- за сверхлимитные выбросы ЗВ.

При загрязнении окружающей природной среды в результате аварии по вине природопользователя плата взимается как за сверхлимитное загрязнение до разработки соответствующих инструкций).

Плата за допустимые выбросы в размерах (равных или менее) нормативов допустимых выбросов, установленных предприятию, $\Pi_{н\text{ атм}}$, определяется по формуле

$$\Pi_{нд} = \sum_{i=1}^n M_{ндi} \cdot H_{плi} \cdot K_{от} \cdot K_{нд} \cdot K_{инд},$$

где n – количество загрязняющих веществ; $M_{ндi}$ – платежная база за выбросы загрязняющих веществ или сбросы загрязняющих веществ в отношении i -го загрязняющего вещества, определяемая лицом, обязанным вносить плату, за отчетный период как объем или масса выбросов загрязняющих веществ в количестве, равном либо менее установленных нормативов допустимых выбросов, технологических нормативов, мг/м³; $H_{плi}$ – ставка платы за выбросы загрязняющих веществ или сбросы загрязняющих веществ в отношении i -го загрязняющего вещества, руб./т (руб./м³); величина ставки платы берется из таблицы приложения 7;

$K_{от}$ – дополнительный коэффициент к ставкам платы в отношении территорий и объектов, находящихся под особой охраной в соответствии с федеральными законами, равный 2; $K_{нд}$ – коэффициент к ставкам платы за выбросы загрязняющих веществ в отношении

i -го загрязняющего вещества, применяемый за объем или массу выбросов загрязняющих веществ, в пределах нормативов допустимых выбросов, равный 1; $K_{\text{инд}}$ – дополнительный коэффициент, применяемый к ставкам платы, устанавливаемый Правительством Российской Федерации в соответствии с пунктом 4 статьи 16 Федерального закона «Об охране окружающей среды», равен 1.

В случае, если объем или масса выбросов загрязняющих веществ осуществляется после внедрения наилучших доступных технологий на объекте, оказывающем негативное воздействие на окружающую среду, то коэффициент $K_{\text{инд}} = 0$.

Плата за выбросы загрязняющих веществ в пределах временно разрешенных выбросов, превышающих нормативы допустимых выбросов, рассчитывается по формуле

$$P_{\text{вр}} = \sum_{i=1}^n M_{\text{ври}} \cdot H_{\text{пл}i} \cdot K_{\text{от}} \cdot K_{\text{вр}} \cdot K_{\text{инд}},$$

где $M_{\text{ври}}$ – платежная база за выбросы загрязняющих веществ в отношении i -го загрязняющего вещества, определяемая лицом, обязанным вносить плату, за отчетный период как разница между массой или объемом выбросов загрязняющих веществ в количестве, равном либо менее массы или объема временно разрешенных выбросов, и массой или объемом выбросов загрязняющих веществ в пределах установленных нормативов допустимых выбросов, м^3 ; $K_{\text{вр}}$ – коэффициент к ставкам платы за выбросы загрязняющих веществ в отношении i -го загрязняющего вещества, применяемый за объем или массу выбросов загрязняющих веществ, в пределах установленных временно разрешенных выбросов, равный 25.

Плата за выбросы загрязняющих веществ при превышении установленных нормативов допустимых выбросов, определяется по формуле

$$P_{\text{пр}} = \sum_{i=1}^n M_{\text{при}} \cdot H_{\text{пл}i} \cdot K_{\text{от}} \cdot K_{\text{пр}} \cdot K_{\text{инд}},$$

где $M_{\text{при}}$ – платежная база за выбросы загрязняющих веществ в отношении i -го загрязняющего вещества, определяемая лицом, обязанным вносить плату, за отчетный период как объем или масса выбросов загрязняющих веществ в количестве, превышающем установленные нормативы допустимых выбросов, $\text{мг}/\text{м}^3$; $K_{\text{пр}}$ – коэффициент к ставкам платы за выбросы загрязняющих веществ или

сбросы загрязняющих веществ в отношении i -го загрязняющего вещества, применяемый за объем или массу выбросов загрязняющих веществ, сбросов загрязняющих веществ, превышающих установленные для объектов I категории объем или массу, а также превышающие указанные в декларации о воздействии на окружающую среду для объектов II категории объем или массу, равный 100.

4.2. Платежи (штрафные) за превышение допустимых выбросов АТС

Размер штрафных платежей устанавливается пропорционально доле выявленных АТС, не соответствующих стандартам по токсичности (%), и определяется по формуле

$$S = \left(\frac{\sum_{j=1}^J Q_{1j}}{\sum_{j=1}^J Q_{2j}} \right) \cdot 100,$$

где Q_{1j} – число АТС в проверенных партиях, у которых в отработавших газах обнаружено содержание ЗВ, превышающее установленные стандартами нормы, ед.; Q_{2j} – число АТС всех типов, подвергнутых проверке, ед. j – типы АТС (бензиновые, дизельные, газобаллонные).

В случае когда доля АТС, не соответствующих действующим стандартам по токсичности, не превышает в выборке 30% для эксплуатирующих предприятий и 10% для заводов-изготовителей АТС, авторемонтных заводов (станций технического обслуживания), размер штрафных платежей устанавливается в процентах к части чистой прибыли предприятия (тыс. руб.) по формуле

$$C_1 = \frac{0,1HKS}{100},$$

где 0,1 – безразмерный коэффициент;

H – чистая прибыль предприятия, тыс. руб;

S – доля выявленных АТС, не соответствующих действующим стандартам по токсичности;

K – коэффициент, зависящий от характера производственной деятельности транспортного подразделения (предприятия).

Коэффициент K определяется, если в финансовой отчетности объединения (предприятия), в которое входит транспортное предприятие (подразделение), не выделяется прибыль, полученная от перевозок, а также для предприятий, имеющих на балансе авто-транспорт для служебных поездок или технологических целей и не выполняющих транспортной работы. В этом случае он рассчитывается по формуле

$$K = \frac{d}{d_0},$$

где d – количество водителей и ремонтников, занятых на обслуживании автопарка данного предприятия, чел.;

d_0 – списочное количество работников данного предприятия, чел.

Для предприятий, выполняющих чисто транспортные функции, имеющих транспортные цеха и подразделения с исчисляемым в рублях годовым объемом транспортных услуг, $K=1$.

В случае когда доля АТС, не соответствующих действующим стандартам по токсичности, превышает в выборке 30% для эксплуатирующих предприятий и 10% для заводов-изготовителей АТС, авторемонтных заводов (станций технического обслуживания), размер штрафных платежей (тыс. руб.) устанавливается по формуле

$$C_2 = \frac{C_1 + 0,1HK(S - F)}{100},$$

где $F = 30\%$ для эксплуатирующих предприятий и 10% для заводов-изготовителей АТС, авторемонтных заводов (станций технического обслуживания).

Контрольные вопросы

1. По какой формуле осуществляется расчет норматива платы за допустимые выбросы (в пределах существующих стандартов) загрязняющих веществ в плановом периоде?

2. По какой формуле осуществляется расчет приведенной массы выбросов загрязняющих веществ автотранспортными средствами?

3. По какой формуле рассчитывается коэффициент приведения, учитывающий относительную опасность загрязняющего вещества?

4. По какой формуле рассчитывается плата за допустимые выбросы загрязняющих веществ автотранспортными средствами на предприятиях?

5. По какой формуле рассчитывается доля выявленных автотранспортных средств, не соответствующих стандартам по токсичности?

6. По какой формуле осуществляется расчет размера штрафных платежей в случае, когда доля автотранспортных средств, не соответствующих действующим стандартам по токсичности, не превышает в выборке 30% для эксплуатирующих предприятий и 10% для заводов-изготовителей автотранспортных средств, авторемонтных заводов (станций технического обслуживания)?

7. По какой формуле осуществляется расчет размера штрафных платежей в случае, когда доля автотранспортных средств, не соответствующих действующим стандартам по токсичности, превышает в выборке 30% для эксплуатирующих предприятий и 10% для заводов-изготовителей АТС, авторемонтных заводов (станций технического обслуживания)?

Задания для расчетов

1. Рассчитать платежи за допустимые выбросы ЗВ от АТС для автотранспортного предприятия, находящегося в Санкт-Петербурге, которое при работе двигателей автомобилей, расположенных на открытой неотапливаемой стоянке, выбрасывает в атмосферу ЗВ:

- оксид углерода в концентрации 95 мг/м^3 ;
 - оксиды азота NO_x в концентрации 150 мг/м^3 ;
 - углеводороды, в том числе по бензину в концентрации 120 мг/м^3 ;
- по керосину в концентрации 60 мг/м^3 ;
- углерод в концентрации 35 мг/м^3 ;

- диоксид серы в концентрации 55 мг/м³;
- формальдегид в концентрации 10 мг/м³;
- бенз(а)пирен в концентрации 0,06 мг/м³;

Объем выброса предприятия составил 280 м³/с.

Выбросы по всем ЗВ, кроме формальдегида, относятся к допустимым, в пределах НДВ.

Предприятие работает 8 ч в день, при пятидневной рабочей неделе.

Рассчитать общую плату предприятия в год за загрязнение атмосферного воздуха.

2. Рассчитать платежи за допустимые выбросы ЗВ от АТС для автотранспортного предприятия, находящегося в Санкт-Петербурге, которое при работе двигателей автомобилей, расположенных на открытой неотапливаемой стоянке, выбрасывает в атмосферу ЗВ:

- оксид углерода в концентрации 115 мг/м³;
- оксиды азота NO_x в концентрации 125 мг/м³;
- углеводороды, в том числе по бензину в концентрации 65 мг/м³; по керосину в концентрации 30 мг/м³; по метану в концентрации 15 мг/м³;

- углерод в концентрации 4 мг/м³;
- диоксид серы в концентрации 25 мг/м³;
- формальдегид в концентрации 1 мг/м³;
- бенз(а)пирен в концентрации 0,009 мг/м³;

Объем выброса предприятия составил 150 м³/с.

Предприятие не имеет природоохранной документации

Предприятие работает 8 ч в день, при пятидневной рабочей неделе.

Рассчитать общую плату предприятия в год за загрязнение атмосферного воздуха.

3. Рассчитать величину штрафных платежей за эксплуатацию АТС, не соответствующих действующим стандартам на токсичность, по транспортному предприятию.

Количество автомобилей в таксомоторном парке – 1500. Чистая прибыль за отчетный год составила 2 млн 400 тыс. руб. При проверке на токсичность 450 автомобилей было выявлено, что действующим стандартам не соответствует 112 автомобилей.

4. Рассчитать величины штрафных платежей за эксплуатацию АТС, когда доля АТС, не соответствующих действующим стандартам по токсичности, не превышает в выборке 30% для эксплуатирующих предприятий и 10% для заводов-изготовителей АТС. Производственное предприятие имеет на балансе 15 автобусов, 24 легковых автомобиля и 30 грузовых автомобилей. Численность работающих на предприятии составляет 1000 чел., в том числе на обслуживании автопарка данного предприятия – 44 чел. Чистая прибыль предприятия составила в отчетном году 5 млн 200 тыс. руб. При проверке автопарка данного предприятия были признаны несоответствующими действующим стандартам на токсичность: 4 автобуса, 7 легковых автомобилей и 10 грузовых автомобилей.

5. Рассчитать величины штрафных платежей за эксплуатацию АТС, не соответствующих действующим стандартам на токсичность и составляющих свыше 30% автопарка предприятия. Количество автомобилей в таксомоторном парке – 1500. Чистая прибыль за отчетный год составила 2 млн 400 тыс. руб.; при проверке на токсичность 450 автомобилей таксомоторного парка выявлено, что действующим стандартам не соответствует 158 автомобилей.

Примеры выполнения задания

Задача №1.

Рассчитать величины штрафных платежей за эксплуатацию АТС, не соответствующих действующим стандартам на токсичность и составляющих свыше 30% автопарка предприятия. Количество автомобилей в таксомоторном парке – 500. Чистая прибыль за отчетный год составила 640 тыс. руб. При проверке на токсичность 150 автомобилей таксомоторного парка выявлено, что действующим стандартам не соответствует 55 автомобилей.

РЕШЕНИЕ:

Дано:

$N = 640$ т. р.; $Q_1 = 55$; $Q_2 = 150$; $K = 1$; $F = 30\%$.

Найти:

$C_2 = ?$.

Решение:

$$S = \left(\frac{Q_1}{Q_2} \right) \cdot 100\%;$$

$$S = \left(\frac{55}{150} \right) \cdot 100\% = 36,7\%;$$

$$C_1 = \frac{0,1HK S}{100};$$

$$C_1 = \frac{0,1 \cdot 640 \cdot 1 \cdot 36,7}{100} = 23,48 \text{ (тыс. руб.)};$$

$$C_2 = \frac{C_1 + 0,1HK(S - F)}{100};$$

$$C_2 = \frac{23,48 + 0,1 \cdot 640 \cdot 1 \cdot (36,7 - 30)}{100} = 4,52 \text{ (тыс. руб.)}.$$

Ответ: 4,52 тыс. руб.

Задача №2.

В качестве дорожного участка выбрана улица Стойкости между перекрестками с улицами Генерала Симоняка и Солдата Корзуна. В качестве транспортного средства выбраны только легковые автомобили.

Найти загрязняющие вещества, производимые легковыми автомобилями: CO, NO₂, CH, SO₂, сажа, формальдегид.

Длина участка: 0,5 км.

Средняя скорость автомобилей: 50 км/ч

Число легковых автомобилей (в промежутке за 20 мин): 63

РЕШЕНИЕ:

Дано:

$L = 0,5$ км.; $V = 50$ км/ч; $G_{\text{легк.}} = 63$.

Из приложения 1 для легковых автомобилей следует, что

$M_{\text{легк.,CO}} = 0,9$; $M_{\text{легк.,NO}_2} = 0,33$; $M_{\text{легк.,сажа}} = 0,55 \cdot 10^{-2}$;
 $M_{\text{легк.,SO}_2} = 0,66 \cdot 10^{-2}$;

$M_{\text{легк.,формальдегид}} = 1,5 \cdot 10^{-3}$.

Из приложения 2 следует, что

$r_{V_{k,i}} = 0,5$; для NO₂ $r_{V_{k,i}} = 1$.

Формула для нахождения массы загрязняющих веществ:

$$M_i = \frac{L}{1200} \cdot M_{\text{легк},i} \cdot G_{\text{легк}} \cdot r_{v_{\text{легк},i}}$$

$$M_{CO} = \frac{L}{1200} \cdot M_{\text{легк},CO} \cdot G_{\text{легк}} \cdot r_{V_{\text{легк},i}} = \frac{0,5}{1200} \cdot 0,9 \cdot 63 \cdot 0,5 = 0,0118 \text{г}.$$

$$M_{NO_2} = \frac{0,5}{1200} \cdot 0,33 \cdot 63 \cdot 1 = 0,0087 \text{г}.$$

$$M_{\text{сажа}} = \frac{0,5}{1200} \cdot 0,55 \cdot 10^{-2} \cdot 63 \cdot 0,5 = 0,0072 \cdot 10^{-2} \text{г}.$$

$$M_{SO_2} = \frac{0,5}{1200} \cdot 0,66 \cdot 10^{-2} \cdot 63 \cdot 0,5 = 0,0087 \cdot 10^{-2} \text{г}.$$

$$M_{\text{формальдегид}} = \frac{0,5}{1200} \cdot 1,5 \cdot 63 \cdot 0,5 = 0,0197 \cdot 10^{-3} \text{г}.$$

НОРМАТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. ГОСТ Р 56162–2019. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. Метод расчета количества выбросов загрязняющих веществ в атмосферу потоками автотранспортных средств на автомобильных дорогах разной категории.

2. Постановление Правительства РФ от 13 марта 2019 г. № 262 «Об утверждении Правил создания и эксплуатации системы автоматического контроля выбросов загрязняющих веществ и (или) сбросов загрязняющих веществ».

3. Федеральный закон от 04.05.1999 № 96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха».

4. Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды».

5. Приказ Минприроды России от 07.08.2018 № 352 «Порядок проведения инвентаризации стационарных источников и выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух, корректировки ее данных, документирования и хранения данных, полученных в результате проведения таких инвентаризации и корректировки».

6. Федеральный закон № 195-ФЗ «Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях» от 30.12.2001 (ред. от 04.08.2023) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.10.2023).

7. Приказ Минприроды России от 30.11.2021 № 871 «Об утверждении Порядка проведения инвентаризации стационарных источников и выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, корректировки ее данных, документирования и хранения данных, полученных в результате проведения таких инвентаризации и корректировки».

8. ГОСТ Р 56162–2019. Метод расчета количества выбросов загрязняющих веществ в атмосферу потоками автотранспортных средств на автомобильных дорогах разной категории.

9. Федеральный закон № 34-ФЗ от 22.03.2003 «О запрете производства и оборота этилированного автомобильного бензина в Российской Федерации».

10. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов».

11. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 29 ноября 2019 г. № 813 «Об утверждении правил проведения сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха, включая их актуализацию».

12. Постановление Правительства РФ от 13.09.2016 № 913 «О ставках платы за негативное воздействие на окружающую среду и дополнительных коэффициентах».

13. Постановление Правительства РФ от 20.03.2023 № 437 «О применении в 2023 году ставок платы за негативное воздействие на окружающую среду».

14. Постановление Правительства РФ от 31 мая 2023 г. № 881 «Об утверждении Правил исчисления и взимания платы за негативное воздействие на окружающую среду и о признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации и отдельного положения акта Правительства Российской Федерации».

15. Приказ Минприроды России от 27.05.2022 № 371 «Об утверждении методик количественного определения объемов выбросов парниковых газов и поглощений парниковых газов».

16. ОДМ 218.2.013-2011 «Методические рекомендации по защите от транспортного шума территорий, прилегающих к автомобильным дорогам».

17. ГОСТ Р 59205–2021. Дороги автомобильные общего пользования.

18. СП 276.1325800.2016 «Правила проектирования защиты от шума транспортных потоков».

19. ОДМ 218.8.011–2018 «Методические рекомендации по определению характеристик и выбору шумозащитных конструкций автомобильных дорог».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Азаров, В.К.** Новые нормы на черный углерод в саже и его влияние с парниковыми газами CO₂ на потепление климата планеты / В.К. Азаров. – Текст: непосредственный // Журнал автомобильных инженеров. – 2012. – № 4 (75). – С. 54 – 57.

2. **Бродская, Н.А.** Экологические проблемы городов: учебное пособие / Н.А. Бродская, О.Г. Воробьев, О.Ч. Реут; М-во общ. и проф. образования Рос. Федерации; С.-Петербург. гос. мор. техн. ун-т; – Санкт-Петербург, 1998. – 150 с. – Текст: непосредственный.

3. **Воробьев, О.Г.** Геотехнические системы (Генезис, структура, управление): учебное пособие по курсу «Охрана окружающей среды» / О.Г. Воробьев, О.Ч. Реут. – Санкт-Петербург: Изд-во СПбГМТУ, 1994. – 82 с. – Текст: непосредственный.

4. **Денисов, В.В.** Экология города: учебное пособие / В.В. Денисов. – Москва: ИКЦ «МарТ»; Ростов н/Д: Изд. центр «МарТ», 2008. – 832 с. – Текст: непосредственный.

5. **Денисов, В.Н.** Проблемы экологизации автомобильного транспорта. – Изд. 2-е / В.Н. Денисов, В.А. Рогалев. – Санкт-Петербург: МАНЭБ, 2004. – 312 с. – Текст: непосредственный.

6. **Луканин, В.Н.** Промышленно-транспортная экология: учебник для вузов / В.Н. Луканин, Ю.В. Трофименко; под ред. В.Н. Луканина. – Москва: Высш. шк., 2001. – 273 с. – Текст: непосредственный.

7. Методическое пособие по расчету, нормированию и контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух (дополненное и переработанное). – Санкт-Петербург: НИИ Атмосфера, 2012. – 212 с. – Текст: непосредственный.

8. Руководство по инвентаризации выбросов Европейского союза 2009 (Износ покрышек и тормозов дорожных транспортных средств, износ дорожного покрытия). [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.eea.europa.eu>.

9. Стратегический обзор научных исследований и подходящих методов контроля выбросов сажи. – Текст: непосредственный //

Международный совет по экологически чистому транспорту. – 2010. – июнь. – С. 4.

10. **Третьяков, О.Б.** Трение и износ шин: монография / О.Б. Третьяков, В.А. Гудков, В.Н. Тарновский. – Москва: Химия, 1992. – 176 с. – Текст: непосредственный.

11. **Черкаев, Г.В.** Промышленная экология. Сборник практических заданий / Г.В. Черкаев, В.А. Козлов, Т.Н. Алексеева, Е.А. Чихонадских. – Санкт-Петербург: Изд-во СПбГМТУ, 2019. – 126 с. – Текст: непосредственный.

12. **Чижова, В.С.** Повышение экологической безопасности автотранспортного комплекса путем снижения загрязнения воздуха дисперсными частицами размером менее 10 микрометров / В.С. Чижова. – Москва: Изд-во МАДИ, 2016. – 166 с. – Текст: непосредственный.

13. Методическое пособие по расчету, нормированию и контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух: методический материал / НИИ «Атмосфера». Издание переработанное и дополненное. – Санкт-Петербург: НИИ «Атмосфера», 2014. – 224 с. – Текст: непосредственный.

14. **Трофименко, Ю.В.** Инвентаризация выбросов загрязняющих веществ передвижными источниками дорожного транспорта: учеб. пособие / Ю.В. Трофименко, В.И. Комков. – Москва: МАДИ, 2023. – 114 с. – Текст: непосредственный.

15. **Азаров, В.К.** Разработка комплексной методики исследований и оценка экологической безопасности автомобилей: Автореферат на соискание ученой степени кандидата технических наук / В.К. Азаров. – Москва: НАМИ, 2014. – 19 с. – Текст: непосредственный.

16. Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом, за 1990–2019 гг. – Москва. – 2021. – 459 с. [Электронный ресурс]. – 132 Электрон. текст. и граф. дан. – Систем. требования: Adobe Reader. – URL:

https://vk.com/doc403504280_608924491?hash=zhMXDovVytRfZr0gq8EaJshnT2ZpR5s5tcuOOHdE7HP.

17. Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом, за 1990–2020 гг. – Москва. – 2022. – 111 с. [Электронный ресурс]. – 132 Электрон. текст. и граф. дан. – Систем. требования: Adobe Reader. – URL: http://downloads.igce.ru/kadastr/RUS_NIR-2022_v2.pdf.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Значения пробеговых выбросов M_{L_i} (г/км) для различных групп автомобилей

Наименование группы автомобилей	Номер группы	Выброс, г/км						
		CO	NO _x (в пересчете на NO ₂)	CH	Сажа	SO ₂	Формальдегид	Бенз(а)-пирен
Легковые	I	0,90	0,33	0,26	$0,55 \cdot 10^{-2}$	$0,66 \cdot 10^{-2}$	$1,50 \cdot 10^{-3}$	$0,18 \cdot 10^{-6}$
Автофургоны и микроавтобусы массой до 3,5 т	II	4,60	1,80	0,70	$3,70 \cdot 10^{-2}$	$1,40 \cdot 10^{-2}$	$2,50 \cdot 10^{-3}$	$0,20 \cdot 10^{-6}$
Грузовые массой от 3,5 до 12 т	III	5,30	6,40	1,50	0,37	$2,60 \cdot 10^{-2}$	$0,70 \cdot 10^{-2}$	$0,60 \cdot 10^{-6}$
Грузовые массой свыше 12 т	IV	5,60	7,50	2,00	0,44	$3,90 \cdot 10^{-2}$	$0,80 \cdot 10^{-2}$	$0,73 \cdot 10^{-6}$
Автобусы массой свыше 3,5 т	V	3,90	4,70	0,50	0,15	$2,20 \cdot 10^{-2}$	$0,22 \cdot 10^{-2}$	$0,20 \cdot 10^{-6}$

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Значения коэффициентов $r_{v_{k,i}}$, учитывающих изменения количества выбрасываемых вредных веществ в зависимости от скорости движения

Скорость движения v , км/ч	$r_{v_{k,i}}$	$r_{v_{k,i}}$ для выбросов NO _x
5	1,40	1,00
10	1,35	1,00
15	1,30	1,00
20	1,20	1,00
25	1,10	1,00
30	1,00	1,00
35	0,90	1,00
40	0,75	1,00
45	0,60	1,00
50	0,50	1,00
60	0,30	1,00
70	0,40	1,00
80	0,50	1,00
100	0,65	1,00
110	0,75	1,20
120	0,90	1,50

Примечание: Для диоксида азота значение $r_{v_{k,i}}$ принимается постоянным и равным единице до скорости 80 км/ч.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Удельные значения выбросов для автомобилей, находящихся в зоне перекрестка $M_{Pi,k}$

Наименование группы автомобилей	Номер группы	Выброс, г/мин						
		CO	NO _x (в пересчете на NO ₂)	CH	Углерод	SO ₂	Формаль- дегид	Бенз(а)- пирен
Легковые	I	0,17	$8,80 \cdot 10^{-3}$	0,033	0,011	$0,17 \cdot 10^{-2}$	$0,26 \cdot 10^{-3}$	$0,13 \cdot 10^{-6}$
Автофургоны и микроавтобусы массой до 3,5 т	II	1,00	$30,00 \cdot 10^{-3}$	0,70	0,033	$0,33 \cdot 10^{-2}$	$0,30 \cdot 10^{-3}$	$0,13 \cdot 10^{-6}$
Грузовые массой от 3,5 до 12 т	III	1,00	$9,90 \cdot 10^{-2}$	0,170	0,220	$0,55 \cdot 10^{-2}$	$0,76 \cdot 10^{-3}$	$0,33 \cdot 10^{-6}$
Грузовые массой свыше 12 т	IV	2,00	$13,00 \cdot 10^{-2}$	0,260	0,450	$0,66 \cdot 10^{-2}$	$1,16 \cdot 10^{-3}$	$0,40 \cdot 10^{-6}$
Автобусы массой свыше 3,5 т	V	0,90	$9,90 \cdot 10^{-2}$	0,070	0,120	$0,60 \cdot 10^{-2}$	$0,25 \cdot 10^{-2}$	$0,10 \cdot 10^{-6}$

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Значения η_T для автомобильных дорог разного типа

Тип	Группа АТС	Значение η_T
1	Максимальная интенсивность движения потока автотранспортных средств наблюдается в утренние (с 8:00 до 11:00) и вечерние (с 17:00 до 21:00) часы пик	13,5
2	Максимальная интенсивность движения потока автотранспортных средств наблюдается в утренние (с 8:00 до 10:00) и вечерние (с 17:00 до 21:00) часы пик; в дневные часы (с 13:00 до 16:00) интенсивность движения уменьшается в среднем на 50% по отношению к утреннему и вечернему максимальным значениям	13,0
3	Максимальная интенсивность движения потока автотранспортных средств наблюдается с 8:00 до 20:00	15,0

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Исследование характеристик движущегося автотранспортного потока

Дата	Время подсчета за период 20 мин	Число автомобилей по группам					Скорость движения потока, км/ч		
		Легковые	Автофургоны и микроавтобусы массой до 3,5 т	$ГК \leq 12$	$ГК \geq 12$	$A \geq 3,5$	Легковые	Грузовые	Автобусные

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

Исследование автотранспортных потоков на перекрестках.

наименование улиц, образующих перекресток		направление движения автотранспорта		ширина проезжей части, количество полос			
Дата	Время работы запрещающего сигнала светофора, мин	Число автомобилей по группам					Длина очереди автотранспорта, м
		Легковые	Автофургоны и микроавтобусы массой до 3,5 т	ГК ≤ 12	ГК ≥ 12	A ≥ 3,5	

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

Ставки платы за выбросы загрязняющих веществ в атмосфер- ный воздух стационарными источниками

Код ЗВ	Наименование ЗВ	Ставка платы (руб.) за выбросы 1 т ЗВ в пределах установленного норматива
0301	Азота диоксид (Дву- окись азота; перок- сид азота)	174,89
0304	Азот (II) оксид (Азот монооксид)	117,81
0328	Углерод (Пигмент черный)	46,12
0330	Сера диоксид	57,20
0337	Углерода оксид (Уг- лерод окись; углерод моноокись; угарный газ)	2,02
0410	Метан	136,08
0703	Бенз/а/пирен	6895940,56
1325	Формальдегид (Му- равьиный альдегид, оксометан, метиле- ноксид)	2297,74
2704	Бензин (нефтяной, малосернистый)/в пересчете на угле- род/	4,03
2732	Керосин (Керосин прямой перегонки; керосин дезодориро- ванный)	8,44

ПРИЛОЖЕНИЕ 8

Коэффициенты выбросов CO₂ при сжигании топлива, а также плотность разных топлив

Вид топлива	Коэффициент выбросов (EF) т CO ₂ /т (тыс. м ³)	кг/ГДж	кг/т/т	Плотность ρ, кг/дм ³
Бензин А-76 (АИ-80)	3,026	69 300	2 031	0,715
Бензин АИ-92	3,026	69 300	2 031	0,735
Бензин АИ-93	3,026	69 300	2 031	0,745
Бензин АИ-95	3,026	69 300	2 031	0,750
Бензин АИ-98	3,026	69 300	2 031	0,765
Дизельное топливо летнее	3,149	74 100	2 172	0,860
Дизельное топливо зимнее	3,149	74 100	2 172	0,840
Дизельное топливо арктическое	3,149	74 100	2 172	0,830
Сжиженный нефтяной газ (СНГ) (пропан)	2,903	63 100	1 849	0,528 (при t = 0 °С)
Сжиженный нефтяной газ СНГ (изобутан)	2,903	63 100	1 849	0,582 (при t = 0 °С)
Сжиженный нефтяной газ СНГ (н-бутан)	2,903	63 100	1 849	0,601 (при t = 0 °С)
Компримированный природный газ (КПГ)	1,840	54 400	1 594	0,668 (при t = 0 °С)
Сжиженный природный газ (СПГ)	2,710	54 400	1 594	0,424 (при t = 0 °С)
Авиационный керосин	3,16	71 900	2 100	0,8
Авиационный бензин	3,10	69 300	2 050	0,8
Топливо для реактивных двигателей	3,10	71 900	2 110	0,8
Смазочные материалы	2,95	—	—	—
Топочный мазут	—	77 400	—	—

ПРИЛОЖЕНИЕ 9

Расчетные значения эквивалентного уровня звука транспортного потока

Интенсивность движения N, авт./ч	Расчетное значение эквивалентного уровня звука $L_{\text{трп}}$, дБА*
50	65
60	66
80	67
100	68
140	69
170	70
230	71
300	72
400	73
500	74
660	75
880	76
1150	77
1650	78
2400	79
3000	80
4000	82
5000	83
6000	83
7000	84
8000	84
Свыше 9000	85

**Примечание:* при промежуточных значениях интенсивности движения потока эквивалентный уровень звука $L_{\text{трп}}$ определяется интерполированием.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
1. Воздействие автотранспорта на мегаполис на примере Санкт-Петербурга	5
1.1. Городские агломерации и их признаки	5
1.2. Формирование геотехнической системы Санкт-Петербурга	6
1.3. Город как мегаполис	9
1.4. Транспортные потоки городов и их воздействие на окружающую среду	13
1.5. Выбросы твердых дисперсных частиц от автотранспорта	21
1.6. Загрязнение мегаполиса стационарными источниками автомобильного транспорта	25
1.7. Физические воздействия автотранспорта на мегаполис	29
2. Инвентаризация, нормирование выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при сжигании топлива объектов морской инфраструктуры	37
2.1. Понятия «нормирование качества окружающей среды», «инвентаризация»	37
2.2. Виды предельно-допустимой концентрации загрязняющих веществ в атмосфере при сжигании топлива объектов морской инфраструктуры	41
2.3. Инвентаризация, нормирование выбросов загрязняющих веществ от автотранспорта	44
2.4. Инвентаризация, нормирование выбросов загрязняющих веществ в Российской Федерации	52
3. Инвентаризация передвижных источников и расчет выбросов загрязняющих веществ от двигателей передвижных источников	55
3.1. Инвентаризация передвижных источников	55
3.2. Расчет выбросов загрязняющих веществ автотранспортным потоком	63
3.3. Расчет выбросов движущегося автотранспорта	64
3.4. Расчет выбросов автотранспорта в районе регулируемого перекрестка	64

3.5. Оценка экологической эффективности мероприятий, направленных на снижение выбросов ЗВ	67
3.6. Расчет выбросов парниковых газов от передвижных источников	69
3.6.1. Расчет выбросов CO ₂ от сжигания топлива в двигателях автотранспортных средств	70
3.6.2. Расчет выбросов CO ₂ от сжигания моторного топлива и других видов топливно-энергетических ресурсов на морском и внутреннем водном транспорте	71
3.6.3. Расчет выбросов ПГ от передвижных источников с использованием методики Глобального экологического фонда	72
3.6.4. Расчет требуемой степени очистки производственных стоков	74
3.7. Расчет и оценка шумового воздействия транспортного потока. Способы защиты от шума	77
4. Расчет платежей за выбросы ЗВ от передвижных источников	89
4.1. Платежи за допустимые выбросы ЗВ автотранспортных средств (АТС)	89
4.2. Платежи (штрафные) за превышение допустимых выбросов АТС	92
Задания для расчетов	94
Примеры выполнения задания	96
Нормативные источники	99
Список литературы	101
Приложения	104

Учебное издание

Чихонадских Елена Александровна,
Черкаев Георгий Владимирович

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ
ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ, ПОСТУПАЮЩИХ
В АТМОСФЕРУ ОТ ОБЪЕКТОВ МОРСКОЙ
ИНФРАСТРУКТУРЫ

Редактор *Е.В. Шорикова*
Корректор *А.В. Осокина*
Верстка *Л.А. Велькиной*

ISBN 978-5-88303-680-3

Подписано в печать 17.01.2024

Формат. 60×90/16. Бумага писчая. Печать офсетная

Усл. печ. л. 7,0. Уч.- изд.л. 6,2. Тир. 500 (1-100). Зак. 5936.

Издательство СПбГМТУ.

190121, СПб., Лоцманская ул. 10.