МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

К о л л е д ж СамГТУ

А.А. Амосова

**ПМ.01 Экологический мониторинг окружающей среды**

**МДК.01.01 Организация и проведение экологического мониторинга окружающей среды**

*Методические указания к практическим занятиям*

Самара

Самарский государственный технический университет 2025

Печатается по решению методической комиссии Колледжа СамГТУ (протокол № 4 от 26.02.2024 г.).

**Составители: Амосова А.А.**

**Экологический мониторинг**: методические указания к практическим занятиям для СПО / *А.А. Амосова.* – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2025. – 43 с.

Методические указания предназначены для студентов, обучающихся по специальности 20.02.01 «Экологическая безопасность природных комплексов».

Методические указания включают в себя комплект методических материалов, необходимых для успешной подготовки и участия в проведении практических занятий по дисциплине «Организация и проведение экологического мониторинга окружающей среды» студентам СПО: планы практических занятий, практические задания, библиографический список литературы.

**СОДЕРЖАНИЕ**

|  |  |
| --- | --- |
|  | Стр. |
| Практическое занятие №1. Расчет выбросов автотранспорта. | 4 |
| Практическое занятие №2. Обработка результатов анализа атмосферного воздуха и приведение их к нормальным условиям. | 28 |
| Практическое занятие №3. Подготовка информации для занесения в бюллетень по загрязнению атмосферного воздуха. | 29 |
| Практическое занятие №4. Расчет индекса загрязнения атмосферного воздуха, воды и почвы (ИЗА, ИЗВ, КИЗА, КИЗВ, Zс и др. показатели) | 30 |

**Практическое занятие №1: Расчет выбросов автотранспорта.**

**Цель занятия**

Научиться рассчитывать выбросы загрязняющих веществ от автотранспорта с использованием стандартных методик.

**Теоретическая часть**

Автотранспорт является одним из основных источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. Основными компонентами выхлопных газов являются:

* Углекислый газ (CO2​) – парниковый газ, способствующий глобальному потеплению.
* Угарный газ (CO) – токсичный газ, опасный для здоровья человека.
* Оксиды азота (NOx​) – предшественники кислотных дождей и смога.
* Углеводороды (CH) – летучие органические соединения, участвующие в образовании вторичных загрязнителей.
* Твердые частицы – мелкодисперсные частицы, вызывающие респираторные заболевания.

Для расчета выбросов используются нормативные данные, такие как удельные показатели выбросов на единицу расстояния или времени, а также характеристики автопарка (тип топлива, возраст автомобилей, интенсивность движения).

**1) Расчет выбросов автотранспорта согласно методике проведения инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для автотранспортных предприятий (расчетным методом).** Выбросы i-го вещества одним автомобилем к-й группы в день при выезде с территории или помещения стоянки M\_1ik и возврате M\_2ik рассчитываются по формулам:

|  |  |
| --- | --- |
| M\_1ik = m\_прik · t\_пр + m\_Lik · L\_1 + m\_xxik · t\_xx1, г | (1.1) |
|  |  |
| M\_2ik = m\_Lik · L\_2 + m\_xxik · t\_xx2, г | (1.2) |

где m\_прik - удельный выброс i-го вещества при прогреве двигателя автомобиля к-й группы, г/мин;

m\_Lik - пробеговый выброс i-го вещества, автомобилем к-й группы при движении со скоростью 10-20 км/час, г/км;

m\_xxik - удельный выброс i-го вещества при работе двигателя автомобиля к-й группы на холостом ходу, г/мин;

t\_пр - время прогрева двигателя, мин;

L\_1, L\_2 - пробег автомобиля по территории стоянки, км:

t\_xx1, t\_xx2 - время работы двигателя на холостом ходу при выезде с территории стоянки и возврате на нее (мин).

Значения удельных выбросов загрязняющих веществ m\_прik, m\_Lik, и m\_xxik для различных типов автомобилей представлены в табл. 2.1 - 2.18.

В таблицах применяются следующие обозначения:

тип двигателя: Б - бензиновый, Д - дизель, Г <1> - газовый (сжатый природный газ); при использовании сжиженного нефтяного газа удельные выбросы загрязняющих веществ равны выбросам при использовании бензина, выброс Рb отсутствует;

<1> При использовании на автотранспортных средствах двигателей, работающих по газодизельному циклу, удельные выбросы принимаются равными выбросам при работе на дизельном топливе.

период года: Т - теплый, Х - холодный;

условия хранения автомобилей:

БП - открытая или закрытая не отапливаемая стоянка без средств подогрева;

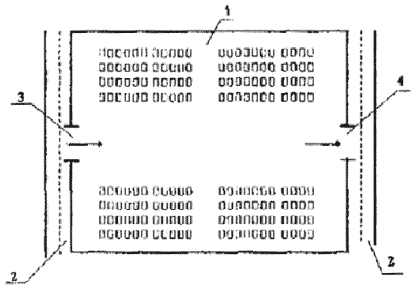
СП - открытая стоянка, оборудованная средствами подогрева.

Для теплых закрытых стоянок удельные выбросы загрязняющих веществ в холодный и переходный период года принимаются равными удельным выбросам в теплый период.

При установке на автомобилях каталитических нейтрализаторов к данным удельных выбросов, приведенных в таблицах 2.4 - 2.6, 2.14 - 2.15, применяются понижающие коэффициенты, указанные в примечаниях к таблицам.

Введение понижающих коэффициентов к удельным выбросам, представленных в таблицах 2.1 - 2.3, 2.7 - 2.13 и 2.16 - 2.18, при использовании каталитических нейтрализаторов, а также в таблицах 2.1 - 2.18, при использовании любых других устройств, предназначенных для снижения выбросов загрязняющих веществ, может осуществляться только по согласованию с региональными органами Госкомэкологии. При этом обязательным условием является наличие официального заключения независимой экспертизы, подтверждающего эффективность применения этих устройств на соответствующих моделях автомобилей в условиях, характерных для движения по территории стоянок.

Расчетная схема 1.



Расчетная схема 2.

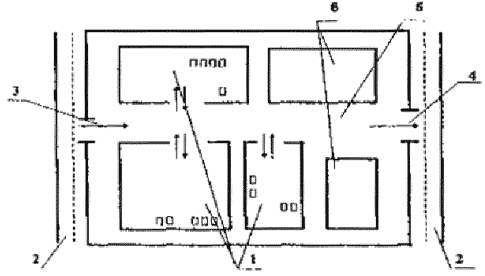


Рис. 1. Варианты размещения стоянок

1 - территория или помещение стоянки;  
2 - дороги общего пользования;  
3 - въезд с дороги общего пользования;  
4 - выезд на дороги общего пользования;  
5 - внутренние проезды;  
6 - здания и сооружения, не предназначенные для стоянки автомобилей.

*Таблица 2.1.*

Удельные выбросы загрязняющих веществ при прогреве двигателей легковых автомобилей

| **Рабочий объем двигателя, л** | **Тип двигателя** | **Удельные выбросы загрязняющих веществ (m\_прik), г/мин** | | | | | | | | | | | | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **СО** | | | **CH** | | | **NOx** | | | **SO2** | | | **Pb** | | | | |
| **Т** |  | | **Т** |  | | **Т** |  | | **Т** |  | | **АИ-93** | | | **А-92; А-76** | |
| **X** | | **X** | | **X** | | **X** | | **Т** | **X** | | **Т** | **X** |
| **БП** | **СП** | **БП** | **СП** | **БП** | **СП** | **БП** | **СП** | **БП** | **СП** | **БП** |
| до 1,2 | Б | 2,6 | 5,1 | 3,4 | 0,26 | 0,40 | 0,32 | 0,02 | 0,03 | 0,02 | 0,008 | 0,010 | 0,009 | 0,005 | 0,006 | 0,005 | 0,003 | 0,003 |
| свыше 1,2 до 1,8 | Б | 4,0 | 7,1 | 4,8 | 0,38 | 0,60 | 0,48 | 0,03 | 0,04 | 0,03 | 0,010 | 0,013 | 0,011 | 0,006 | 0,008 | 0,007 | 0,003 | 0,004 |
| свыше 1,8 до 3,5 | Б | 5,0 | 9,1 | 6,2 | 0,65 | 1,00 | 0,80 | 0,05 | 0,07 | 0,05 | 0,013 | 0,016 | 0,014 | 0,007 | 0,009 | 0,008 | 0,003 | 0,004 |
| свыше 3,5 | Б | 9,5 | 19,0 | 12,4 | 1,15 | 1,73 | 1,38 | 0,07 | 0,09 | 0,07 | 0,018 | 0,021 | 0,019 | 0,010 | 0,012 | 0,011 | 0,004 | 0,005 |

**Примечания:**

1. В переходный период значения выбросов CO, CH, C, SO2 и Рb должны умножаться на коэффициент 0,9 от значений холодного периода. Выбросы NOx, равны выбросам в холодный период.

2. Удельные выбросы загрязняющих веществ при прогреве двигателей современных легковых автомобилей с улучшенными экологическими характеристиками принимаются по табл. 2.4. Здесь и далее под легковыми автомобилями с улучшенными экологическими характеристиками понимаются:

а) автомобили зарубежного производства (кроме стран СНГ), выпущенные после 01.01.1994 г.

б) автомобили производства стран СНГ, оснащенные двигателями с впрыском топлива.

в) автомобили зарубежных моделей, собираемые по лицензии на территории стран СНГ.

*Таблица 2.2.*

Пробеговые выбросы легковых автомобилей

| **Рабочий объем двигателя, л** | **Тип двигателя** | **Удельные выбросы загрязняющих веществ (m\_Lik), г/км** | | | | | | | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **СО** | | **СН** | | **NOx** | | **SO2** | | **Рb** | | | |
| **АИ-93** | | **А-92; А-76** | |
| **Т** | **X** | **Т** | **X** | **Т** | **X** | **Т** | **X** | **Т** | **X** | **Т** | **X** |
| до 1,2 | Б | 13,8 | 17,3 | 1,3 | 1,9 | 0,23 | 0,23 | 0,040 | 0,050 | 0,019 | 0,024 | 0,009 | 0,011 |
| свыше 1,2 до 1,8 | Б | 15,8 | 19,8 | 1,6 | 2,3 | 0,28 | 0,28 | 0,060 | 0,070 | 0,028 | 0,035 | 0,013 | 0,016 |
| свыше 1,8 до 3,5 | Б | 17,0 | 21,3 | 1,7 | 2,5 | 0,40 | 0,40 | 0,070 | 0,090 | 0,035 | 0,044 | 0,016 | 0,021 |
| свыше 3,5 | Б | 24,0 | 30,0 | 2,4 | 3,6 | 0,56 | 0,56 | 0,105 | 0,130 | 0,053 | 0,067 | 0,025 | 0,032 |

Примечания:

1.В переходный период значения выбросов CO, CH, C, SO2 и Рb должны умножаться на коэффициент 0,9 от значений холодного периода. Выбросы NOx, равны выбросам в холодный период.

2.Пробеговые выбросы загрязняющих веществ для современных легковых автомобилей с улучшенными экологическими характеристиками принимаются по табл. 2.5.

*Таблица 2.3.*

Удельные выбросы загрязняющих веществ на холостом ходу легковыми автомобилями

| **Рабочий объем двигателя, л** | **Тип двигателя** | **Удельные выбросы загрязняющих веществ (m\_xxik), г/мин** | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **СО** | **СН** | **NOx** | **SO2** | **Рb** | |
| **АИ-93** | **А-92; А-76** |
| до 1,2 | Б | 2,5 | 0,20 | 0,02 | 0,008 | 0,005 | 0,002 |
| свыше 1,2 до 1,8 | Б | 3,5 | 0,30 | 0,03 | 0,010 | 0,006 | 0,003 |
| свыше 1.8 до 3,5 | Б | 4,5 | 0,40 | 0,05 | 0,012 | 0,007 | 0,003 |
| свыше 3,5 | Б | 7,0 | 0,80 | 0,08 | 0,016 | 0,009 | 0,005 |

**Примечание:** Удельные выбросы загрязняющих веществ на холостом ходу современными легковыми автомобилями с улучшенными экологическими характеристиками принимаются по табл. 2.5.

*Таблица 2.4.*

Удельные выбросы загрязняющих веществ при прогреве двигателей современных легковых автомобилей с улучшенными экологическими характеристиками

| **Рабочий, объем двигателя, л** | **Тип двигателя** | **Удельные выбросы загрязняющих веществ (m\_прik), г/мин** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **СО** | | | **СН** | | | **NOx** | | | **С** | | | **SO2** | | | **Рb** | | | | | |
| **Т** | **X** | | **Т** | **X** | | **Т** | **X** | | **Т** | **X** | | **Т** | **X** | | **АИ-93** | | | **А-92; А-76** | | |
| **Т** | **X** | | **Т** | **X** | |
| **БП** | **СП** | **БП** | **СП** | **БП** | **СП** | **БП** | **СП** | **БП** | **СП** |  | **БП** | **СП** |  | **БП** | **СП** |
| до 1,2 | Б | 2,3 ----- 1,2 | 4,5 ----- 2,4 | 2,9 ----- 1,6 | 0,18 ----- 0,08 | 0,27 ----- 0,12 | 0,22 ----- 0,10 | 0,01 ----- 0,01 | 0,02 ----- 0,02 | 0,01 ----- 0,01 | - | - | - | 0,008 ----- 0,007 | 0,009 ----- 0,008 | 0,008 ----- 0,007 | 0,004 ----- 0,004 | 0,005 ----- 0,005 | 0,005 ----- 0,005 | 0,002 ----- 0,002 | 0,003 ----- 0,003 | 0,003 ----- 0,003 |
| Д | 0,14 | 0,21 | 0,17 | 0,06 | 0,07 | 0,06 | 0,06 | 0,09 | 0,07 | 0,002 | 0,004 | 0,003 | 0,032 | 0,038 | 0,034 | - | - | - | - | - | - |
| свыше 1,2 до 1,8 | Б | 3,0 ----- 1,7 | 6,0 ----- 3,4 | 3,9 ----- 2,2 | 0,31 ----- 0,14 | 0,47 ----- 0,21 | 0,38 ----- 0,17 | 0,02 ----- 0,02 | 0,03 ----- 0,03 | 0,02 ----- 0,02 | - | - | - | 0,010 ----- 0,009 | 0,012 ----- 0,010 | 0,011 ----- 0,009 | 0,006 ----- 0,005 | 0,007 ----- 0,006 | 0,006 ----- 0,005 | 0,002 ----- 0,002 | 0,003 ----- 0,003 | 0,003 ----- 0,003 |
| Д | 0,19 | 0,29 | 0,23 | 0,08 | 0,10 | 0,09 | 0,08 | 0,12 | 0,09 | 0,003 | 0,006 | 0,004 | 0,040 | 0,048 | 0,043 | - | - | - | - | - | - |
| свыше 1,8 до 3,5 | Б | 4,5 ----- 2,9 | 8,8 ----- 5,7 | 5,7 ----- 3,7 | 0,44 ----- 0,18 | 0,66 ----- 0,27 | 0,53 ----- 0,22 | 0,03 ----- 0,03 | 0,04 ----- 0,04 | 0,03 ----- 0,03 | - | - | - | 0,012 ----- 0,011 | 0,014 ----- 0,013 | 0,013 ----- 0,012 | 0,007 ----- 0,006 | 0,009 ----- 0,008 | 0,008 ----- 0,007 | 0,003 ----- 0,003 | 0,004 ----- 0,004 | 0,004 ----- 0,004 |
| Д | 0,35 | 0,53 | 0,42 | 0,14 | 0,17 | 0,15 | 0,13 | 0,20 | 0,16 | 0,005 | 0,010 | 0,007 | 0,048 | 0,058 | 0,052 | - | - | - | - | - | - |
| свыше 3,5 | Б | 9,0 ----- 4,8 | 18,0 ----- 9,6 | 11,7 ----- 6,3 | 0,88 ----- 0,39 | 1,30 ----- 0,58 | 1,04 ----- 0,46 | 0,05 ----- 0,05 | 0,06 ----- 0,06 | 0,05 ----- 0,05 | - | - | - | 0,016 ----- 0,014 | 0,019 ----- 0,017 | 0,017 ----- 0,015 | 0,009 ----- 0,008 | 0,011 ----- 0,010 | 0,010 ----- 0,009 | 0,004 ----- 0,004 | 0,005 ----- 0,005 | 0,005 ----- 0,005 |
| Д | 0,60 | 0,75 | 0,49 | 0,24 | 0,29 | 0,26 | 0,23 | 0,35 | 0,28 | 0,009 | 0,018 | 0,012 | 0,065 | 0,078 | 0,070 | - | - | - | - | - | - |

**Примечания:**

1.В числителе приведены данные для автомобилей, оснащенных двигателями с карбюраторами, в знаменателе с впрыском топлива.

2.В переходный период значения выбросов СО, СН, С, SO2 и Рb должны умножаться на коэффициент 0,9 от значений холодного периода года. Выбросы NOx, принимаются равными выбросам в холодный период.

3.Для автомобилей, оборудованных сертифицированными каталитическими нейтрализаторами и работающих на неэтилированном бензине, значения выбросов в таблице должны умножаться на коэффициенты:

для СО - на 0,7, СН и NOx - на 0,8 при установке 3-х компонентных нейтрализаторов, для СО - на 0,7, СН - на 0,8 при установке 2-х компонентных нейтрализаторов с дополнительной подачей воздуха (окислительного типа).

Тип каталитического нейтрализатора определяется по техническому паспорту на нейтрализатор или инструкции по эксплуатации автомобиля.

*Таблица 2.5.*

Пробеговые выбросы современных легковых автомобилей, с улучшенными экологическими характеристиками

| **Рабочий объем двигателя, л** | **Тип двигателя** | **Удельные выбросы загрязняющих веществ (m\_Lik), г/км** | | | | | | | | | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **СО** | | **СН** | | **NOx** | | **С** | | **SO2** | | **Pb** | | | |
| **АИ-93** | | **А-92; А-76** | |
| **Т** | **X** | **Т** | **X** | **Т** | **X** | **Т** | **X** | **Т** | **X** | **Т** | **X** | **Т** | **X** |
| до 1,2 | Б | 7,5 ----- 5,3 | 9,3 ----- 6,6 | 1,0 ----- 0,8 | 1,5 ----- 1,2 | 0,14 ----- 0,14 | 0,14 ----- 0,14 | - | - | 0,036 ----- 0,032 | 0,045 ----- 0,041 | 0,017 ----- 0,015 | 0,021 ----- 0,019 | 0,008 ----- 0,007 | 0,010 ----- 0,009 |
| Д | 0,8 | 0,9 | 0,1 | 0,2 | 0,80 | 0,80 | 0,04 | 0,06 | 0,143 | 0,178 | - | - | - | - |
| свыше 1,2 до 1,8 | Б | 9,4 ----- 6,6 | 11,8 ----- 8,3 | 1,2 ----- 1,0 | 1,8 ----- 1,5 | 0,17 ----- 0,17 | 0,17 ----- 0,17 | - | - | 0,054 ----- 0,049 | 0,068 ----- 0,061 | 0,025 ----- 0,022 | 0,031 ----- 0,028 | 0,012 ----- 0,010 | 0,015 ----- 0,013 |
| Д | 1,0 | 1,2 | 0,2 | 0,3 | 1,10 | 1,10 | 0,06 | 0,09 | 0,214 | 0,268 | - | - | - | - |
| свыше 1,8 до 3,5 | Б | 13,2 ----- 9,3 | 16,5 ----- 11,7 | 1,7 ----- 1,4 | 2,5 ----- 2,1 | 0,24 ----- 0,24 | 0,24 ----- 0,24 | - | - | 0,063 ----- 0,057 | 0,079  ----- 0,071 | 0,032 ----- 0,028 | 0,040 ----- 0,036 | 0,015 ----- 0,013 | 0,019 ----- 0,017 |
| Д | 1,8 | 2,2 | 0,4 | 0,5 | 1,90 | 1,90 | 0,10 | 0,15 | 0,250 | 0,313 | - | - | - | - |
| свыше 3,5 | Б | 18,8 ----- 13,3 | 23,5 ----- 16,6 | 2,4 ----- 2,0 | 3,6 ----- 3,0 | 0,34 ----- 0,34 | 0,34 ----- 0,34 | - | - | 0,097 ----- 0,087 | 0,121 ----- 0,109 | 0,049 ----- 0,044 | 0,061 ----- 0,055 | 0,023 ----- 0,020 | 0,029 0,025 |
| Д | 3,1 | 3,7 | 0,7 | 0,8 | 2,40 | 2,40 | 0,15 | 0,23 | 0,350 | 0,481 | - | - | - | - |

**Примечания:**

1.В числителе приведены данные для автомобилей, оснащенных двигателями с карбюраторами, в знаменателе - с системой впрыска топлива.

2.В переходный период значения выбросов CO, CH, C, SO2 и Pb должны умножаться на коэффициент 0,9 от значений холодного периода. Выбросы NOx, равны выбросам в холодный период.

3.Для автомобилей, оборудованных сертифицированными каталитическими нейтрализаторами и работающих на неэтилированном бензине, значения выбросов должны умножаться на коэффициенты:

для СО - на 0,2, СН и NOx - на 0,3 при установке 3-х компонентных нейтрализаторов;

для СО - на 0,2, СН - на 0,3 при установке 2-х компонентных нейтрализаторов с дополнительной подачей воздуха (окислительного типа)

Тип каталитического нейтрализатора определяется по техническому паспорту на нейтрализатор или инструкции по эксплуатации автомобиля.

*Таблица 2.6.*

Удельные выбросы загрязняющих веществ на холостом ходу современными легковыми автомобилями с улучшенными экологическими характеристиками

| **Рабочий объем двигателя, л** | **Тип двигателя** | **Удельные выбросы загрязняющих веществ (mx\_xxik), г/мин** | | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **СО** | **СН** | **NOx** | **С** | **SO2** | **Рb** | |
| **АИ-93** | **А-92; А-76** |
| до 1,2 | Б | 1,5 ----- 0,8 | 0,15 ----- 0,07 | 0,01 ----- 0,01 | - | 0,007 ----- 0,006 | 0,004 ----- 0,004 | 0,002 ----- 0,002 |
| Д | 0,1 | 0,04 | 0,05 | 0,002 | 0,032 | - | - |
| свыше 1,2 до 1,8 | Б | 2,0 ----- 1,1 | 0,25 ----- 0,11 | 0,02 ----- 0,02 | - | 0,009 ----- 0,008 | 0,005 ----- 0,004 | 0,002 ----- 0,002 |
| Д | 0,1 | 0,06 | 0,07 | 0,003 | 0,040 | - | - |
| свыше 1,8 до 3,5 | Б | 3,5 ----- 1,9 | 0,35 ----- 0,15 | 0,03 ----- 0,03 | - | 0,011 ----- 0,010 | 0,006 ----- 0,005 | 0,003 ----- 0,003 |
| Д | 0,2 | 0,10 | 0,12 | 0,005 | 0,048 | - | - |
| свыше 3,5 | Б | 6,0 ----- 3,2 | 0,70 ----- 0,31 | 0,05 ----- 0,05 | - | 0,015 ----- 0,013 | 0,008 ----- 0,007 | 0,004 ----- 0,004 |
| Д | 0,4 | 0,17 | 0,21 | 0,008 | 0,065 | - | - |

Примечания:

1. В числителе приведены данные для автомобилей, оснащенных двигателями с карбюраторами, в знаменателе - с впрыском топлива.

2. Для автомобилей, оборудованных сертифицированными каталитическими нейтрализаторами и работающих на неэтилированном бензине, значения выбросов должны умножаться на коэффициенты:

для СО - на 0,2, СН и NOx - на 0,3 при установке 3-х компонентных нейтрализаторов;

для СО - на 0,2, СН на 0,3 при установке 2-х компонентных нейтрализаторов с дополнительной подачей воздуха (окислительного типа).

Тип каталитического нейтрализатора определяется по техническому паспорту нейтрализатора или инструкции по эксплуатации на автомобиль.

*Таблица 2.7.*

Удельные выбросы загрязняющих веществ при прогреве двигателей грузовых автомобилей, произведенных в странах СНГ

| **Грузоподъемность, т** | **Тип двигателя** | **Удельные выбросы загрязняющих веществ (m\_прik), г/мин** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **СО** | **СН** | | **NOx** | | **С** | | **SO2** | | | | | **Рb** | | | | | | | | | |
| **Т** |  |  | | **Т** |  |  | **Т** |  |  | **Т** |  | **Т** |  | **АИ-93** | | | **А-92; А-76** | | | | |
| **X** |  | | **X** |  | **Х** |  | **Х** |  | **Х** | **Т** |  | **Х** | **Т** |  | **Х** |  |  |
| **БП** | **СП** | | **БП** | **СП** | **БП** | **СП** | **БП** | **СП** |  | **БП** | **СП** |  | **БП** | **СП** |  | **БП** | **СП** |
| 2 | Б | 5,0 | 9,1 | 6,2 | | 0,65 | 1,00 | 0,80 | 0,05 | 0,07 | 0,05 | - | - | - | 0,013 | 0,016 | 0,014 | 0,007 | 0,009 | 0,008 | 0,003 | 0,004 | 0,004 |
| Д | 1,5 | 2,4 | 1,9 | | 0,20 | 0,50 | 0,30 | 0,40 | 0,60 | 0,40 | 0,01 | 0,040 | 0,026 | 0,054 | 0,065 | 0,059 | - | - | - | - | - | - |
| свыше 2 до 5 | Б | 15,0 | 28,1 | 18,3 | | 1,50 | 3,80 | 2,50 | 0,20 | 0,30 | 0,20 | - | - | - | 0,020 | 0,025 | 0,022 | - | - | - | 0,005 | 0,006 | 0,005 |
| Г | 7,6 | 14,3 | 9,3 | | 0,89 | 2,20 | 1,50 | 0,20 | 0,30 | 0,20 | - | - | - | 0,018 | 0,023 | 0,020 | - | - | - | - | - | - |
| Д | 1,9 | 3,1 | 2,5 | | 0,30 | 0,60 | 0,40 | 0,50 | 0,70 | 0,50 | 0,02 | 0,080 | 0,040 | 0,072 | 0,086 | 0,077 | - | - | - | - | - | - |
| свыше 5 до 8 | Б | 18,0 | 33,2 | 19,5 | | 2,60 | 6,60 | 4,10 | 0,20 | 0,30 | 0,20 | - | - | - | 0,028 | 0,036 | 0,032 | - | - | - | 0,006 | 0,008 | 0,007 |
| Г | 9,2 | 16,9 | 10,0 | | 1,53 | 3,90 | 2,40 | 0,20 | 0,30 | 0,20 | - | - | - | 0,026 | 0,033 | 0,029 | - | - | - | - | - | - |
| Д | 2,8 | 4,4 | 3,6 | | 0,38 | 0,80 | 0,50 | 0,60 | 0,80 | 0,60 | 0,03 | 0,120 | 0,060 | 0,090 | 0,108 | 0,097 | - | - | - | - | - | - |
| свыше 8 до 16 | Б | 18,0 | 33,2 | 19,5 | | 2,60 | 6,60 | 4,10 | 0,20 | 0,30 | 0,20 | - | - | - | 0,028 | 0,036 | 0,032 | - | - | - | 0,006 | 0,008 | 0,007 |
| Д | 3,0 | 8,2 | 5,3 | | 0,40 | 1,10 | 0,70 | 1,00 | 2,00 | 1,00 | 0,04 | 0160 | 0,080 | 0,113 | 0,136 | 0,122 | - | - | - | - | - | - |
| свыше 16 | Д | 3,0 | 8,2 | 5,3 | | 0,40 | 1,10 | 0,70 | 1,00 | 2,00 | 1,00 | 0,04 | 0,160 | 0,080 | 0,113 | 0,136 | 0,122 | - | - | - | - | - | - |

**Примечания:**

1.В переходный период значения выбросов CO, CH, C, SO2 и Рb должны умножаться на коэффициент 0,9 от значений холодного периода. Выбросы NOx, равны выбросам в холодный период.

*Таблица 2.8*

Пробеговые выбросы загрязняющих веществ грузовыми автомобилями, произведенными в странах СНГ

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Грузоподъемность, т** | **Тип двигателя** | **Удельные выбросы загрязняющих веществ (m\_Lik), г/км** | | | | | | | | | | | | | |
| **СО** | | **СН** | | **NOx** | | **С** | | **SO2** | | **Pb** | | | |
| **АИ-93** | | **А-92; А-76** | |
| **Т** | **X** | **Т** | **X** | **Т** | **X** | **Т** | **X** | **т** | **X** | **Т** | **X** | **Т** | **X** |
| до 2 | Б | 22,7 | 28,5 | 2,8 | 3,5 | 0,6 | 0,6 | - | - | 0,09 | 0,11 | 0,044 | 0,054 | 0,021 | 0,026 |
| Д | 2,3 | 2,8 | 0,6 | 0,7 | 2,2 | 2,2 | 0,15 | 0,20 | 0,33 | 0,41 | - | - | - | - |
| свыше 2 до 5 | Б | 29,7 | 37,3 | 5,5 | 6,9 | 0,8 | 0,8 | - | - | 0,15 | 0,19 | - | - | 0,035 | 0,043 |
| Г | 15,2 | 19,0 | 3,3 | 4,1 | 0,8 | 0,8 | - | - | 0,14 | 0,17 | - | - | - | - |
| Д | 3,5 | 4,3 | 0,7 | 0,8 | 2,6 | 2,6 | 0,20 | 0,30 | 0,39 | 0,49 | - | - | - | - |
| свыше 5 до 8 | Б | 47,4 | 59,3 | 8,7 | 10,3 | 1,0 | 1,0 | - | - | 0,18 | 0,22 | - | - | 0,044 | 0,054 |
| Г | 24,2 | 30,2 | 5,1 | 6,1 | 1,0 | 1,0 | - | - | 0,16 | 0,20 | - | - | - | - |
| Д | 5,1 | 6,2 | 0,9 | 1,1 | 3,5 | 3,5 | 0,25 | 0,35 | 0,45 | 0,56 | - | - | - | - |
| свыше 8 до 16 | Б | 79,0 | 98,8 | 10,2 | 12,4 | 1,8 | 1,8 | - | - | 0,24 | 0,28 | - | - | 0,059 | 0,069 |
| Д | 6,1 | 7,4 | 1,0 | 1,2 | 4,0 | 4,0 | 0,30 | 0,40 | 0,54 | 0,67 | - | - | - | - |
| свыше 16 | Д | 7,5 | 9,3 | 1,1 | 1,3 | 4,5 | 4,5 | 0,40 | 0,50 | 0,78 | 0,97 | - | - | - | - |

**Примечания:** 1. В переходный период значения выбросов CO, CH, C, SO2 и Рb должны умножаться на коэффициент 0,9 от значений холодного периода. Выбросы NOx, равны выбросам в холодный период.

2.Для грузовых автомобилей, оборудованных сертифицированными 2-х компонентными нейтрализаторами с дополнительной подачей воздуха (окислительного типа) и работающих на неэтилированном бензине значения выбросов СО должны умножаться на коэффициент 0,2, СН - 0,3.

*Таблица 2.9.*

Удельные выбросы загрязняющих веществ на холостом ходу грузовыми автомобилями, произведенными в странах СНГ

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Грузоподъемность, т** | **Тип двигателя** | **Удельные выбросы загрязняющих веществ (m\_xxik), г/мин** | | | | | | |
| **СО** | **СН** | **NOx** | **С** | **SO2** | **Рb** | |
| **АИ-93** | **А-92; А-76** |
| до 2 | Б | 4,5 | 0,40 | 0,05 |  | 0,012 | 0,007 | 0,003 |
| Д | 0,8 | 0,20 | 0,16 | 0,015 | 0,054 | - | - |
| свыше 2 до 5 | Б | 10,2 | 1,70 | 0,20 | - | 0,020 | - | 0,005 |
| Г | 5,2 | 1,00 | 0,20 | - | 0,018 | - | - |
| Д | 1,5 | 0,25 | 0,50 | 0,020 | 0,072 | - | - |
| свыше 5 до 8 | Б | 13,5 | 2,20 | 0.20 | - | 0,029 | - | 0,006 |
| Г | 6,9 | 1,30 | 0,20 | - | 0,026 | - | - |
| Д | 2,8 | 0,35 | 0,60 | 0,030 | 0,090 | - | - |
| свыше 8 до 16 | Б | 13,5 | 2,90 | 0,20 | - | 0,029 | - | 0,006 |
| Д | 2,9 | 0,45 | 1,00 | 0,040 | 0,100 | - | - |
| свыше 6 | Д | 2,9 | 0,45 | 1,00 | 0,040 | 0,100 | - | - |

**Примечания:**

1.Для грузовых автомобилей, оборудованных сертифицированными 2-х компонентными нейтрализаторами с дополнительной подачей воздуха (окислительного типа) и работающих на неэтилированном бензине значения выбросов СО должны умножаться на коэффициент 0,2, СН - 0,3.

*Таблица 2.10*

Пробеговые выбросы загрязняющих веществ автобусами, произведенными в странах СНГ

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Класс автобуса (габаритная длина, м)** | **Тип двигателя** | **Удельные выбросы загрязняющих веществ (m\_Lik), г/км** | | | | | | | | | | | | | |
| **СО** | | **СН** | | **NOx** | | **С** | | **SO2** | | **Рb** | | | |
| **АИ-93** | | **А-92; А-76** | |
| **Т** | **X** | **Т** | **X** | **Т** | **X** | **Т** | **X** | **Т** | **X** | **Т** | **X** | **Т** | **X** |
| Особо малый (до 5,5) | Б | 22,7 | 28,5 | 2,8 | 3,5 | 0,6 | 0,6 | - | - | 0,09 | 0,11 | 0,040 | 0,054 | 0,021 | 0,026 |
| Д | 2,3 | 2,8 | 0,6 | 0,7 | 2,2 | 2,2 | 0,15 | 0,20 | 0,33 | 0,41 | - | - | - | - |
| Малый (6,0-7,5) | Б | 29,7 | 37,3 | 5,5 | 6,9 | 0,8 | 0,8 | - | - | 0,15 | 0,19 | - | - | 0,035 | 0,043 |
| Д | 3,5 | 4,3 | 0,7 | 0,8 | 2,6 | 2,6 | 0,20 | 0,30 | 0,39 | 0,49 | - | - | - | - |
| Средний (8,0-10,0) | Б | 47,4 | 59,3 | 8,7 | 10,3 | 1,0 | 1,0 | - | - | 0,18 | 0,22 | - | - | 0,044 | 0,054 |
| Д | 5,1 | 6,2 | 0,9 | 1,1 | 3,5 | 3,5 | 0,20 | 0,30 | 0,45 | 0,56 | - | - | - | - |
| Большой (10,5-12,0) | Б | 55,3 | 68,8 | 9,9 | 11,9 | 1,2 | 1,2 | - | - | 0,22 | 0,26 | - | - | 0,053 | 0,065 |
| Д | 5,1 | 6,2 | 0,9 | 1,1 | 3,5 | 3,5 | 0,25 | 0,35 | 0,45 | 0,56 | - | - | - | - |
| Особо большой (сочлененный, 16,5-24,0) | Д | 7,5 | 9,3 | 1,1 | 1,3 | 4,5 | 4,5 | 0,30 | 0,40 | 0,78 | 0,97 | - | - | - | - |

**Примечания:**

1.В переходный период значения выбросов CO, CH, C, SO2 и Pb должны умножаться на коэффициент 0,9 от значений холодного периода. Выбросы NOx, равны выбросам в холодный период.

2.При комплектации автобусов дизелями, удовлетворяющими требованиям Правил ЕЭК ООН N 49-02A и 49-02В (ЕВРО-1 и ЕВРО-2) по токсичности, значения выбросов загрязняющих веществ принимаются по таблице 2.12.

3.Для автобусов, оборудованных сертифицированными 2-х компонентными нейтрализаторами с дополнительной подачей воздуха (окислительного типа) и работающих на неэтилированном бензине значения выбросов СО должны умножаться на коэффициент 0,2, СН - 0,3.

*Таблица 2.11*

Удельные выбросы загрязняющих веществ на холостом ходу автобусами, произведенными в странах СНГ

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Класс автобуса (габаритная длина, м)** | **Тип двигателя** | **Удельные выбросы загрязняющих веществ (m\_xxik), г/мин** | | | | | | |
| **СО** | **СН** | **NOx** | **С** | **SO2** | **Pb** | |
| **АИ-93** | **А-92; А-76** |
| Особо малый (до 5,5) | Б | 4,5 | 0,40 | 0,05 | - | 0,012 | 0,007 | 0,003 |
| Д | 0,8 | 0,20 | 0,16 | 0,01 | 0,054 | - | - |
| Малый (6,0-7,5) | Б | 10,2 | 1,70 | 0,20 | - | 0,020 | - | 0,005 |
| Д | 1,5 | 0,25 | 0,50 | 0,02 | 0,072 | - | - |
| Средний (8,0-10,0) | Б | 13,5 | 2,20 | 0,25 | - | 0,029 | - | 0,006 |
| Д | 2,8 | 0,30 | 0,60 | 0,03 | 0,090 | - | - |
| Большой (10,5-12,0) | Б | 17,2 | 2,80 | 0,30 | - | 0,029 | - | 0,007 |
| Д | 3,5 | 0,40 | 0,80 | 0,04 | 0,100 | - | - |
| Особо большой (сочлененный 16,5-24,0) | Д | 3,5 | 0,40 | 0,80 | 0,04 | 0,100 | - | - |

**Примечания:**

1.При комплектации автобусов дизелями, удовлетворяющими требованиям Правил ЕЭК ООН N 49-02A и 49-02В (ЕВРО-1 и ЕВРО-2) по токсичности, значения выбросов загрязняющих веществ принимаются по таблице 2.13.

2.Для автобусов, оборудованных сертифицированными 2-х компонентными нейтрализаторами с дополнительной подачей воздуха (окислительного типа) и работающих на неэтилированном бензине значения выбросов СО должны умножаться на коэффициент 0,2, СН - 0,3.

*Таблица 2.12*

Пробеговые выбросы загрязняющих веществ иностранными автобусами выпуска после 01.01.94 г.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Класс автобуса (габаритная длина, м)** | **Тип двигателя** | **Удельные выбросы загрязняющих веществ (m\_Lik), г/км** | | | | | | | | | | | | | |
| **СО** | | **СН** | | **NOx** | | **С** | | **SO2** | | **Pb** | | | |
| **АИ-93** | | **А-92; А-76** | |
| **Т** | **X** | **Т** | **X** | **Т** | **X** | **Т** | **X** | **Т** | **X** | **Т** | **X** | **Т** | **X** |
| Особо малый (до 5,5) | Б | 15,8 ----- 11,2 | 19,8 ----- 14,0 | 2,0 ----- 1,7 | 2,9 ----- 2,5 | 0,3 ----- 0,3 | 0,3 ----- 0,3 | - | - | 0,080 ----- 0,070 | 0,100 ----- 0,090 | 0,038 ----- 0,034 | 0,047 ----- 0,043 | 0,018 ----- 0,016 | 0,022 ----- 0,020 |
| Д | 1,8 | 2,2 | 0,4 | 0,5 | 1,9 | 1,9 | 0,10 | 0,15 | 0,250 | 0,313 | - | - | - | - |
| Малый (6,0-7,5) | Д | 2,9 | 3,5 | 0,5 | 0,6 | 2,2 | 2,2 | 0,13 | 0,20 | 0,340 | 0,430 | - | - | - | - |
| Средний (8,0-10,0) | Д | 4,1 | 4,9 | 0,6 | 0,7 | 3,0 | 3,0 | 0,15 | 0,23 | 0,400 | 0,500 | - | - | - | - |
| Большой (10,5-12,0) | Д | 4,9 | 5,9 | 0,7 | 0,8 | 3,4 | 3,4 | 0,20 | 0,30 | 0,475 | 0,590 | - | - | - | - |
| Особо большой (сочлененный, 16,5-24,0) | Д | 5,5 | 6,7 | 0,8 | 1,0 | 3,8 | 3,8 | 0,25 | 0,35 | 0,600 | 0,780 | - | - | - | - |

**Примечания:**

1.В числителе приведены данные для автобусов, оснащенных двигателями с карбюраторами, в знаменателе - с впрыском топлива.

2.В переходный период значения выбросов CO, CH, C, SO2 и Рb должны умножаться на коэффициент 0,9 от значений холодного периода. Выбросы NOx, равны выбросам в холодный период.

3.Для автобусов, оборудованных штатными каталитическими нейтрализаторами и работающих на неэтилированном бензине, значения выбросов должны умножаться на коэффициенты:

для СО - на 0,2, СН и NOx - на 0,3 при установке 3-х компонентных нейтрализаторов;

для СО - на 0,2, СН - на 0,3 при установке 2-х компонентных нейтрализаторов с дополнительной подачей воздуха (окислительного типа).

Тип каталитического нейтрализатора определяется по техническому паспорту нейтрализатора или инструкции по эксплуатации на автомобиль.

*Таблица 2.13*

Удельные выбросы загрязняющих веществ из холостом ходу иностранными автобусами выпуска после 01.01.94 г.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Класс автобуса (габаритная длина, м)** | **Тип двигателя** | **Удельные выбросы загрязняющих веществ (m\_xxik), г/мин** | | | | | | |
| **СО** | **СН** | **NOx** | **С** | **SO2** | **Pb** | |
| **АИ-93** | **А-92; А-76** |
| Особо малый (до 5,5) | Б | 3,50 ----- 1,90 | 0,35 ----- 0,15 | 0,03 ----- 0,03 | - | 0,011 ----- 0,010 | 0,006 ----- 0,005 | 0,003 ----- 0,003 |
| Д | 0,22 | 0,11 | 0,12 | 0,005 | 0,048 | - | - |
| Малый (6,0-7,5) | Д | 0,30 | 0,15 | 0,21 | 0,007 | 0,056 | - | - |
| Средний (8,0-10,0) | Д | 0,76 | 0,38 | 0,52 | 0,016 | 0,084 | - | - |
| Большой (10,5-12,0) | Д | 0,93 | 0,47 | 0,63 | 0,020 | 0,100 | - | - |
| Особо большой (сочлененный 16,5-24,0) | Д | 0,93 | 0,47 | 0,63 | 0,020 | 0,100 | - | - |

**Примечания:**

1.В числителе приведены данные для автобусов, оснащенных двигателями с карбюраторами, в знаменателе - с впрыском топлива.

2.Для автобусов, оборудованных штатными каталитическими нейтрализаторами и работающих на неэтилированном бензине, значения выбросов должны умножаться на коэффициенты:

для СО - на 0,2, СН и NOx - на 0,3 при установке 3-х компонентных нейтрализаторов;

для СО - на 0,2, СН - на 0,3 при установке 2-х компонентных нейтрализаторов с дополнительной подачей воздуха (окислительного типа).

Тип каталитического нейтрализатора определяется по техническому паспорту нейтрализатора или инструкции по эксплуатации на автомобиль.

Приведенные в таблицах удельные выбросы загрязняющих веществ, при прогреве и работе двигателя на холостом ходу соответствуют ситуации, когда не осуществляется регулярный контроль и регулирование двигателей. При проведении экологического контроля удельные выбросы загрязняющих веществ автомобилями снижаются, поэтому m\_прik и m\_xxik должны пересчитываться по формулам:

|  |  |
| --- | --- |
| m'\_прik = m\_прik к\_i, г/мин | (1.3) |
| m"\_xxik = m\_xxik к\_i, г/мин | (1.4) |

где к\_i - коэффициент, учитывающий снижение выброса i-го загрязняющего вещества при проведении экологического контроля (табл 2.14).

*Таблица 2.14*

Значения коэффициентов снижения удельных выбросов

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Тип двигателя** | **Значения k\_i** | | | | | |
| **СО** | **СН** | **NOx** | **С** | **SO2** | **Рb** |
| Б | 0,80 | 0,90 | 1,00 | - | 0,95 | 0,95 |
| Д | 0,90 | 0,90 | 1,00 | 0,80 | 0,95 | - |

Периоды года (холодный, теплый, переходный) условно определяются по величине среднемесячной температуры. Месяцы, в которых среднемесячная температура ниже -5 °С, относятся к холодному периоду, месяцы со среднемесячной температурой выше +5 °С - к теплому периоду и с температурой от -5 °С до + 5 °С - к переходному. Длительность расчетных периодов и среднемесячные температуры определяются по Справочнику по климату. Время прогрева двигателя t\_пр зависит от температуры воздуха (табл. 2.15).

*Таблица 2.**15*

Время прогрева двигателя t\_пр в зависимости от температуры воздуха (открытые и закрытые не отапливаемые стоянки)

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Категория автомобиля** | **Время прогрева t\_пр, мин.** | | | | | | |
| **выше 5°С** | **ниже 5°С до-5°С** | **ниже -5°С до -10°С** | **ниже -10°С до -15°С** | **ниже -15°С до -20°С** | **ниже -20°С до -25°С** | **ниже -25°С** |
| Легковой автомобиль | 3 | 4 | 10 | 15 | 15 | 20 | 20 |
| Грузовой автомобиль и автобус | 4 | 6 | 12 | 20 | 25 | 30 | 30 |

**Примечания:**

1.При хранении автомобилей на теплых закрытых стоянках принимаются значения t\_пр = 1,5 мин

2.Для маршрутных автобусов, хранящихся на открытых стоянках без средств подогрева при температуре воздуха ниже -10 °С, принимается t\_пр = 8 мин. при условии периодического прогрева двигателя по 15 мин. Этот дополнительный выброс должен учитываться при расчете выбросов по формуле 2.1.

3.При хранении грузовых автомобилей и автобусов на открытых стоянках, оборудованных средствами подогрева, при температуре воздуха ниже - 5 °С t\_пр = 6 мин., при хранении легковых автомобилей - t\_пр = 4 мин.

4.В неучтенных ситуациях t\_пр может приниматься по фактическим замерам.

Средний пробег автомобилей по территории или помещению стоянки L\_1 (при выезде) и L\_2 , (при возврате) определяется по формулам:

где L\_1Б, L\_1Д - пробег автомобиля от ближайшего к выезду и наиболее удаленного от выезда места стоянки до выезда со стоянки км,

L\_2Б, L\_2Д - пробег автомобиля от ближайшего к въезду и наиболее удаленного от въезда места стоянки автомобиля до въезда на стоянку, км.

Продолжительность работы двигателя на холостом ходу при выезде (въезде) автомобиля со стоянки t\_хх1 = t\_хх2 = 1 мин.

|  |  |
| --- | --- |
| https://normativ.kontur.ru/image?moduleId=1&imageId=15939 | (1.5) |
| https://normativ.kontur.ru/image?moduleId=1&imageId=15940 | (1.6) |

|  |  |
| --- | --- |
| https://normativ.kontur.ru/image?moduleId=1&imageId=15941 | (1.7) |

Валовый выброс i-го вещества автомобилями рассчитывается раздельно для каждого периода года по формуле:

где альфа\_В - коэффициент выпуска (выезда);

N\_K - количество автомобилей к-й группы на территории или в помещении стоянки за расчетный период;

D\_p - количество дней работы в расчетном периоде (холодном, теплом, переходном);

j - период года (Т - теплый, П - переходный, Х - холодный); для холодного периода расчет М\_i выполняется для каждого месяца

|  |  |
| --- | --- |
| https://normativ.kontur.ru/image?moduleId=1&imageId=15942 | (1.8) |

где N\_кв - среднее за расчетный период количество автомобилей к-й группы, выезжающих в течении суток со стоянки.

Для станций технического обслуживания альфа\_В определяется как отношение фактического количества автомобилей к-й группы, прошедших техническое обслуживание или ремонт за расчетный период, к максимально возможному количеству автомобилей.

Влияние холодного и переходного периодов года на выбросы загрязняющих веществ учитывается только для выезжающих автомобилей, хранящихся на открытых и закрытых неотапливаемых стоянках.

Для определения общего валового выброса М\_i валовые выбросы одноименных веществ по периодам года суммируются:

|  |  |
| --- | --- |
| https://normativ.kontur.ru/image?moduleId=1&imageId=15943 | (1.9) |

|  |  |
| --- | --- |
| https://normativ.kontur.ru/image?moduleId=1&imageId=16033 | (1.10) |

Максимально разовый выброс i-го вещества G\_i рассчитывается для каждого месяца по формуле:

где https://normativ.kontur.ru/image?moduleId=1&imageId=16027 - количество автомобилей к-й группы, выезжающих со стоянки за 1 час, характеризующийся максимальной интенсивностью выезда автомобилей.

Из полученных значений G\_i выбирается максимальное.

**2) Расчет выбросов**

Общий объем выбросов (E) рассчитывается по формуле:

E=N⋅L⋅EF (1.11)

где:

N – количество автомобилей,

L – протяженность маршрута (км),

EF – удельный выброс загрязняющего вещества (г/км).

Если известно время работы (T), то формула принимает вид:

E=N⋅V⋅T⋅EF (1.12)

где:

V – средняя скорость движения (км/ч).

*Пример расчета.*

*Исходные данные:*

* *Интенсивность движения: 1000 автомобилей/час.*
* *Состав автопарка: 70% легковых (бензин), 20% легковых (дизель), 10% грузовых (дизель).*
* *Протяженность маршрута: 5 км.*
* *Средняя скорость: 50 км/ч.*
* *Время работы: 1 час.*

*Расчет для CO2​:*

*Легковые автомобили (бензин):E легковые, бензин​=1000⋅0.7⋅5⋅120=420,000г=420кг.*

*Легковые автомобили (дизель):E легковые, дизель​=1000⋅0.2⋅5⋅130=130,000г=130кг.*

*Грузовые автомобили (дизель):E грузовые, дизель​=1000⋅0.1⋅5⋅200=100,000г=100кг.*

*Общий выброс CO2​:*

*Eобщий​=420+130+100=650кг.*

*Аналогично рассчитываются выбросы других веществ (CO, NOx​, CH).*

**Контрольные вопросы:**

1. Какие основные загрязняющие вещества выбрасывает автотранспорт?
2. Какие факторы влияют на объем выбросов?
3. Как можно снизить экологическое воздействие автотранспорта?
4. Какие нормативные документы регулируют расчет выбросов?

**Практическое занятие №2. Обработка результатов анализа атмосферного воздуха и приведение их к нормальным условиям.**

**Цель занятия:**

Научиться обрабатывать результаты анализа атмосферного воздуха, корректировать их с учетом фактических условий измерений (температура, давление, влажность) и приводить к стандартным (нормальным) условиям.

**Теоретическая часть**

Анализ состава атмосферного воздуха проводится для оценки загрязнения окружающей среды. Результаты измерений зависят от условий проведения замеров (температура, давление, влажность). Для сравнения данных между собой и с нормативными значениями их необходимо привести к нормальным условиям:

* Температура: T0​= (0°C),
* Давление: P0​= (760 мм рт. ст.),
* Относительная влажность: ϕ=0%.

Приведение к нормальным условиям выполняется с использованием уравнения состояния идеального газа: PV=nRT, где:

P – давление,

V – объем,

n – количество вещества,

R – универсальная газовая постоянная (8.314Дж/(моль\cdotpК)),

T – температура.

**Оборудование и материалы:**

1. Измерительные приборы: Газоанализаторы, метеостанция или барометр.
2. Таблицы нормативных значений: ПДК загрязняющих веществ.
3. Исходные данные: Концентрации загрязняющих веществ, температура, давление, влажность на момент измерений.

**Ход работы**

1. Сбор исходных данных

1. Концентрация загрязняющего вещества (Cизм​), измеренная в воздухе (в мг/м³).
2. Фактические условия измерений:
3. Температура (Tизм​, в °C),
4. Атмосферное давление (Pизм​, в мм рт. ст. или Па),
5. Относительная влажность (ϕ, в %).

2. Приведение концентрации к нормальным условиям

* Концентрацию загрязняющего вещества приводят к нормальным условиям по формуле:

Cнорм​=Cизм​⋅Pизм​Pнорм​​⋅Tнорм​Tизм​+273.15​ (2.1)

где:

Cнорм​ – концентрация при нормальных условиях (мг/м³),

Cизм​ – измеренная концентрация (мг/м³),

Pнорм​=760мм рт. ст.,

Pизм​ – фактическое давление (мм рт. ст.),

Tнорм​=273.15K,

Tизм​ – фактическая температура (°C).

* Если учитывается влажность воздуха, то формула усложняется:

Cнорм​=Cизм​⋅Pизм​−Pвл​Pнорм​​⋅Tнорм​Tизм​+273.15​ (2.2)

где Pвл​ – парциальное давление водяного пара, которое можно рассчитать по таблицам зависимости давления насыщенного пара от температуры.

**Контрольные вопросы:**

1. Какие параметры влияют на концентрацию загрязняющих веществ в воздухе?
2. Почему важно приводить данные к нормальным условиям?
3. Как определить парциальное давление водяного пара?
4. Какие методики используются для измерения концентраций загрязняющих веществ?

**Практическое занятие №3. Подготовка информации для занесения в бюллетень по загрязнению атмосферного воздуха.**

**Цель занятия**

Научиться собирать, анализировать и обрабатывать данные о загрязнении атмосферного воздуха для подготовки отчетной документации (бюллетеня). Освоить методику представления данных в соответствии с требованиями нормативных документов.

**Теоретическая часть**

Бюллетень по загрязнению атмосферного воздуха – это официальный документ, содержащий информацию о состоянии воздушного бассейна на определенной территории. Он используется для информирования общественности, органов власти и научного сообщества о текущем уровне загрязнения, источниках выбросов и тенденциях изменения экологической обстановки.

**Оборудование и материалы**

1. Измерительные приборы: Газоанализаторы, метеостанции, лабораторное оборудование.
2. Нормативные документы: Санитарно-гигиенические нормы (СанПиН), предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ.
3. Программное обеспечение: Excel, Word, ArcGIS (для картографирования).
4. Исходные данные: Результаты измерений концентраций загрязняющих веществ. Метеорологические параметры (температура, давление, влажность). Информация о расположении стационарных постов наблюдения.

**Теоретическая часть**

1. Сбор исходных данных

Соберите следующую информацию:

* Концентрации загрязняющих веществ на стационарных постах наблюдения.
* Фактические условия измерений (температура, давление, влажность).
* Расположение постов наблюдения (координаты).
* Данные о фоновых уровнях загрязнения.

2. Приведение данных к нормальным условиям

Если данные не приведены к нормальным условиям, выполните расчеты:

Cнорм​=Cизм​⋅Pизм​Pнорм​​⋅Tнорм​Tизм​+273.15​ (3.1)

3. Анализ данных

Для каждого загрязняющего вещества сравните приведенные концентрации (Cнорм​) с предельно допустимыми концентрациями (ПДК).

* Если Cнорм​<ПДК, уровень загрязнения считается безопасным.
* Если Cнорм​>ПДК, фиксируется превышение норматива.

Вычислите коэффициент превышения:

K=ПДК\*Cнорм​​ (3.2)

4. Структурирование данных

5. Создание графиков и карт

* Графики: Постройте временные ряды для каждого загрязняющего вещества, чтобы показать динамику изменений.
* Карты: Используйте географические координаты постов наблюдения для создания карт распределения загрязнений. Отметьте зоны с высоким уровнем загрязнения.

6. Формирование текстовой части бюллетеня

Текстовая часть должна включать:

* Введение: Краткое описание цели исследования и методов сбора данных.
* Основная часть:
* Характеристика загрязнения воздуха за отчетный период.
* Анализ превышений ПДК.
* Тенденции изменения уровня загрязнения.

**Контрольные вопросы:**

1. Какие данные включаются в бюллетень по загрязнению воздуха?
2. Как рассчитывается коэффициент превышения ПДК?
3. Какие инструменты используются для визуализации данных?
4. Какие факторы влияют на качество атмосферного воздуха?

**Практическое занятие №4. Расчет индекса загрязнения атмосферного воздуха, воды и почвы (ИЗА, ИЗВ, КИЗА, КИЗВ, Zс и др. показатели).**

**Цель занятия.**

Освоить методику расчета комплексного индекса загрязнения атмосферы, воды и почвы.

**1) Расчет индекса загрязнения воды.** Понятие качества воды включает совокупность показателей ее состава и свойств, определяющих пригодность для конкретных видов водопользования. Оценка качества производится по таким параметрам, как содержание взвешенных веществ и плавающих примесей, температура, окраска, запахи и привкусы, величина рН, БПК, ХПК, содержание растворенного кислорода, содержание химических веществ и микроорганизмов.

Используют числовые характеристики качества воды по ряду основных показателей и видам водопользования. Эти характеристики называются индексами загрязнения воды (ИЗВ) и широко применяются в практике оценки качества вод.

Для каждого ингредиента на основе фактических концентраций рассчитывают баллы кратности превышений ПДК (Кi) и повторяемости случаев превышения Hi, а также общий оценочный балл *В:*

 (4.1)

 (4.2)

 (4.3)

где Сi - концентрация в воде i-го ингредиента;

ПДКi - нормативное значение концентрации ингредиента;

Ni ·ПДК - число случаев превышения ПДК;

Ni- общее число анализов.

Вещества, для которых Вi больше или равно 1, выделяются как лимитирующие показатели загрязненности (ЛПЗ).

Комбинаторный индекс загрязненности рассчитывается как сумма общих оценочных баллов всех учитываемых ингредиентов. С помощью табл. 4.1. по величине комбинаторного индекса загрязненности устанавливается принадлежность к тому или иному классу загрязненности воды.

*Таблица 4.1.*

Классификация загрязненности воды водных объектов

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Величина**  **комбинаторного индекса загрязненности воды** | **Класс загрязненности воды** | | | | |
| **I** | **II** | **III** | **IV** | **V** |
| **Условно-чистая** | **Слабозагрязненная** | **Загрязненная** | **Грязная** | **Очень**  **грязная** |
| Отсутствие ЛПЗ | <1 | 1-2 | 2,1-4,0 | 4,1-10 | >10,0 |
| 1 ЛПЗ | <0,9 | 0,9-1,8 | 1,9-3,6 | 3,7-9,0 | >9,0 |
| 2 ЛПЗ | <0,8 | 0,8-1,6 | 1,7-3,2 | 3,3-8,0 | >8,0 |
| 3 ЛПЗ | <0,7 | 0,7-1,4 | 1,5-2,8 | 2,9-7,0 | >7,0 |
| 4 ЛПЗ | <0,6 | 0,6-1,2 | 1,3-2,4 | 2,5-6,0 | >6,0 |
| 5 ЛПЗ | 0,5 | 0,5-1,0 | 1,1-2,0 | 2,1-5,0 | >5,0 |

К категории наиболее часто используемых показателей для оценки качества водных объектов относят гидрохимический *индекс загрязнения воды* (ИЗВ) и *гидробиологический индекс сапробности* S.

Индекс загрязнения воды, как правило, рассчитывается по шести-семи показателям, которые можно считать гидрохимическими; часть из них (концентрация растворенного кислорода, водородный показатель рН, биологическое потребление кислорода БПК5) является обязательной.

 (4.4)

где Сi – концентрация компонента (в ряде случаев – значение параметра);

N – число показателей, используемых для расчета индекса;

ПДКi – установленная величина для соответствующего типа водного объекта.

В зависимости от величины ИЗВ участки водных объектов подразделяют на классы (табл. 4.2). Индексы загрязнения воды сравнивают для водных объектов одной биогеохимической провинции и сходного типа, для одного и того же водотока (по течению, во времени, и т.д.).

*Таблица 4.2*

Классы качества вод в зависимости от значения индекса загрязнения воды

| **Воды** | **Значения ИЗВ** | **Классы качества вод** |
| --- | --- | --- |
| Очень чистые | до 0,2 | 1 |
| Чистые | 0,2-1,0 | 2 |
| Умеренно загрязненные | 1,0-2,0 | 3 |
| Загрязненные | 2,0-4,0 | 4 |
| Грязные | 4,0-6,0 | 5 |
| Очень грязные | 6,0-10,0 | 6 |
| Чрезвычайно грязные | >10,0 | 7 |

В связи с отсутствием нормативов для донных отложении при комплексной оценке загрязненности вод и донных отложений используют показатели превышения концентрации элементов относительно фона (Сфi) или коэффициенты концентрации Кс:

Кс = Сi/Сф (4.5)

В связи с тем что загрязнение вод и донных отложений происходит несколькими элементами, для них рассчитывается *суммарный показатель загрязнения,* отражающий эффект воздействия группы элементов:

 (4.6)

где *п* – число учитываемых элементов.

Далее по показателю ZС и превышению нормативов химического состава воды в расчетном пункте по отношению к фону производится отнесение воды и донных отложений к одному из уровней (табл. 4.3).

*Таблица 4.3*

Ориентировочная шкала оценки загрязненности водных систем

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Уровень загрязненности** | ***Zс* токсичных элементов в донных отложениях** | **Содержание токсичных элементов в воде** |
| Слабый | 10 | Слабо повышенное относительно фона |
| Средний | 10-30 | Повышенное относительно фона, эпизодическое превышение ПДК |
| Сильный | 30-100 | Во много раз выше фона, стабильное превышение отдельными элементами уровней ПДК |
| Очень сильный | >100 | Практически постоянное присутствие многих элементов в концентрациях выше ПДК |

В целях определения степени загрязнения донных отложений тяжелыми металлами в Германии и др. странах используют *игеоклассы,* или *индексы геоаккумуляции,* по Г. Мюллеру (табл. 4.4), которые определяются на основании уравнения:

I-gеоп = lg2(Сп/1,5Вп) (4.7)

где Сn – измеренная концентрация элемента *п* в донных отложениях (наиболее часто используют фракции менее 0,02 мм, как обладающие наибольшей сорбционной емкостью);

*Вп* – геохимическая фоновая концентрация элемента *п,* определяется по данным специальных исследований с учетом региональных особенностей рассеивания элемента n;

1,5 – коэффициент учета вариаций природных концентраций элемента.

*Таблица 4.4*

Значения концентраций основных тяжелых металлов по игеоклассам (по Г. Мюллеру)

| **Элемент** | **Фон элемента, мкг/кг** | **Классы геоаккумуляции (игеоклассы)** | | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **0** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** |
| Fе | 4,72 | 7,08 | 14,16 | 28,32 | 56,64 | >56,64 |  |  |
| Мn | 850 | 1275 | 2550 | 5100 | 10200 | 20400 | 40800 | >81600 |
| Сd | 0,3 | 0,45 | 0,90 | 1,8 | 3,6 | 7,2 | 14,4 | >28,8 |
| Zn | 95 | 142,5 | 285 | 570 | 1140 | 2280 | 45600 | >9120 |
| Рb | 20 | 30 | 60 | 120 | 240 | 480 | 960 | >1920 |
| Сu | 42 | 67,5 | 135 | 270 | 540 | 1080 | 2160 | >4320 |
| Ni | 68 | 102 | 204 | 408 | 816 | 1632 | 3264 | >6528 |
| Со | 19 | 28,5 | 57 | 114 | 228 | 456 | 912 | >1824 |
| Сr | 90 | 135 | 270 | 540 | 1080 | 2160 | 4320 | >8640 |
| Аs | 13 | 19,5 | 39 | 78 | 156 | 312 | 624 | >1248 |
| Hg | 0,4 | 0,6 | 1,2 | 2,4 | 4,8 | 9,6 | 19,2 | >38,4 |

Данный показатель является основанием для отнесения донных отложений рек к одному из классов качества (табл. 4.5). Эта классификация может быть использована для картографирования донных отложений по каждому из тяжелых металлов, что, в свою очередь, дает возможность оценить техногенную нагрузку на речные экосистемы и выявить неблагополучные в экологическом отношении участки рек.

*Таблица 4.5*

Характеристика уровней загрязнения донных отложений по

игео-классами техногенной нагрузке на водные экосистемы

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Игео-класс** | **Уровень загрязнения тяжелыми металлами** | **Техногенная нагрузка на водные экосистемы** | **Экологические зоны водных экосистем; классы состояния донных осадков** |
| 0 1 | Незагрязненный  Незагрязненный до умеренно загрязненного | Слабая  (малоопасная) | Зоны нормы; класс удовлетворительного (благоприятного) состояния |
| 2 3 | Умеренно загрязненный  Среднезагрязненный | Умеренная  (умеренно опасная) | Зона риска; класс неблагоприятного состояния |
| 4 5 | Сильно загрязненный  Сильно загрязненный (до чрезмерно загрязненного) | Сильная (опасная) | Зона кризиса; класс весьма неблагоприятного состояния |
| 6 | Чрезмерно загрязненный | Чрезмерная (чрезвычайно опасная) | Зона бедствия; класс катастрофического состояния |

*Таблица 4.6*

**Характеристика загрязненности поверхностных вод в 2009 г. на территории Самарской области**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Объект | Показатели, мг/л | | | | | | | | | | | |
| О2 | БПК5 | Взвешенные вещества | Фенолы | Нефтепродукты | Азот  аммонийный | Азот  нитритный | Азот  нитратный | Фосфаты | Cu | Fe | Минерализация |
|
|
|
|
| Саратовское водохранилище | 7,33 | 7,12 | 88,5/47 | 0,007 | 0,44 | 4,4 | 0,14 | 0,41 | 0,15 | 0,023 | 0,83 | 446,9 |
| Чапаевка | 8,53 | 6,27 | 70 | 0,029 | 0,51 | 2,3 | 0,11 | 1,2 | 0,48 | 0,024 | 0,6 | 453,9 |
|
| Криуша | 8,96 | 4,39 | 91,0/49,4 | 0,005 | 0,56 | 1,4 | 0,206 | 1 | 0,295 | 0,02 | 0,81 | 410,9 |
|
| Большой Кинель | 8,04 | 5,04 | 66,5/37,3 | 0,009 | 0,32 | 4 | 0,216 | 0,47 | 0,13 | 0,018 |  | 430 |
|
|
| Кондурча | 8,22 | 6,47 | 77/47 | 0,01 | 0,9 | 3,4 | 0,15: | 4,91 | 0,51 | 0,083 |  | 423,6 |
|
| Сок | 7,84 | 6,2 | 96/46,4 | 0,008 | 0,41 | 2,6 | 0,0874 | 0,47 |  | 0,028 |  | 422,1 |
|
| Самара | 8,46 | 11,8 | 102/ 52,5 | 0,012 | 0,41 | 3,7 | 0,039 | 1,09 | 0,18 | 0,027 |  | 620,8 |
|
| Падовка | 6,43 | 9,61 | 291,5/46,5 | 0,021 | 0,95 | 3,5 | 0,165 | 2,01 | 0,432 | 0,039 | 3,5 | 517,8 |
|

Задача 1. Используя выше приведенные оценки качества воды на основании табл. (4.3 и 4.6) рассчитать лимитирующие показатели загрязненности, комбинаторный индекс и индекс загрязнения воды. С помощью полученных интегральных оценок отнести полученные результаты к одному из классов загрязненности (качества) воды. Для взвесей в знаменателе приведены значения в фоновом створе.

Задача 2. Используя приведенные ниже данные о содержаниях химических элементов, определите степень загрязненности рек.

*Таблица 4.7*

Среднемноголетние содержания химических элементов

в реках (мкг/л)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Река** | **Сu** | **Zn** | **V** | **Mn** | **Ni** | **Мо** |
| Северная Двина | 5,8 | 22 | 1,3 | 15 | 3,9 | 1,2 |
| Печора | 2,7 | 19 | 0.4 | 12 | 3,6 | 0,4 |
| Нева | 8,8 | 39 | 0 | 2,1 | 0 | 0,0 |
| Днепр | 3,6 | 12 | 1,9 | 14 | 3,5 | 1,2 |
| Дон | 4,3 | 22 | 5,5 | 8,3 | 3,9 | 3,9 |
| Дунай | 5,9 | 24 | 30 | 28 | 2,2 | - |
| Волга | 5,1 | 46 | 2,3 | 7,4 | 3,5 | 1,2 |
| Урал | 3,8 | 25 | 2,5 | 7,5 | 3,8 | 1,2 |
| Обь | 5,0 | 19 | 0,5 | 9 | 3 | 0,6 |
| Енисей | 4,0 | 13 | 1 | 6 | 3 | 1,0 |
| Хатанга | 4,0 | 23 | 1 | 6 | 2 | 0,6 |
| Лена | 2,0 | 13 | 0,6 | 7 | 2 | 0,8 |
| Индигирка | 5,0 | 15 | 0,4 | 14 | 2,1 | 0,8 |
| Колыма | 2,0 | 26 | 2,9 | 4 | 6 | 0,0 |
| Кубань | 3,8 | 15 | 2 | 3,8 | 2,8 | 1,9 |
| Амур | 6,0 | 18 | 1 | 15 | 2 | 2,0 |
| Риони | 4,7 | 16 | 3,1 | 14 | 2,3 | 3,1 |
| Кура | 6,1 | 6,9 | 5,3 | 7,6 | 3,8 | 7,6 |
| Сырдарья | 3,9 | 3,9 | 3,1 | 6,2 | 3,9 | 9,4 |
| Амударья | 1,0 | 7,6 | 3 | 5 | 3 | 4,0 |
| Фон | 0,1 | 12 | 1 | 20 | 0,5 | 1,0 |
| Базовые уровни в незагрязненных пресных водах | 3-13 | 5-300 | 0,3-1,9 | 2-14 | 1,1-3 | 0,3-2,6 |
| Среднее содержание химических элементов в питьевой воде | 7,0 | 20 | 1 | 10 | 2,5 | 1,0 |
| ПДКРх | 10,0 | 10,0 | 1 | 10 | 10 | 1,2 |

Задача 3. По приведенным ниже концентрациям химических элементов в донных отложениях, взвесях, воде (табл. 4.8) определите уровень загрязненности водных объектов.

Основные процессы, определяющие миграцию химических элементов в водохранилищах: высокая биологическая продуктивность, седиментация терригенного материала, изменчивость геохимических обстановок и т.д.

*Таблица 4.8*

Средние содержания микроэлементов в воде, взвеси и донных

отложениях, мкг/л

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Водохранилище** | **В воде** | | | **Во взвеси** | | | **В донных отложениях** | | |
| **Мn** | **Zn** | **Сu** | **Мn** | **2п** | **Сu** | **Мn** | **Zn** | **Сu** |
| Куйбышевское | 82 | 10,5 | 6,5 | 27,3 | 51,6 | 9,7 | 1080 | 64 | 13 |
| Саратовское | 20 | 3,1 | 3,7 | 14,4 | 32,0 | 3,4 | 700 | 32 | 20 |
| Ветлянское | 22 | 3,5 | 3,7 | 21,2 | 43,5 | 2,3 | 60 | 32 | 4,8 |
| Фоновое  содержание | 10 | 10 | 3 | 11 | 14,6 | 7,62 | 250 | 123 | 12 |

Задача 4. Охарактеризуйте уровень загрязнения донных отложений (табл. 4.9) с помощью игео-классов в техногенных илах на участке ниже города. Оцените сорбционную способность по отношению к металлам различных фракций. Рассчитайте коэффициент концентрации.

*Таблица 4.9*

Содержание химических элементов в техногенных илах на участке реки, мкг/кг

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Элемент** | **Фракции (мм)** | | | | | **Валовое содержание** |
| **1-0,25** | **0,25-0,1** | **0,1-0,01** | **0,01-0,005** | **< 0,005** |
| Аl | 18 400 | 26 900 | 52 800 | 75 600 | 87 000 | 43 700 |
| Тi | 305 | 663 | 2617 | 3414 | 4671 | 1887 |
| V | 28 | 24 | 45 | 7 | 116 | 41 |
| Сг | 108 | 110 | 350 | 429 | 449 | 247 |
| Мn | 250 | 344 | 448 | 492 | 472 | 354 |
| Fе | 42 800 | 57400 | 85 800 | 18 200 | 15 400 | 79 475 |
| Ni | 86 | 97 | 154 | 274 | 353 | 143 |
| Zn | 218 | 321 | 422 | 511 | 570 | 380 |
| Аg | 1,99 | 1,58 | 3,7 | 47 | 4,6 | 2,84 |
| Se | 68 | 58 | 143 | 256 | 261 | 117 |
| Hg | 0,083 | 0,04 | 0,26 | 0,22 | 0,22 | 0,1645 |
| РЬ | 182 | 212 | 431 | 716 | 914 | 328 |

Задача 5. По данным таблицы 4.10 рассчитайте индекс загрязнения воды рек и оцените класс ее качества.

*Таблица 4.10*

Средние значения показателей качества поверхностных вод  
в районах промышленных центров Иркутской обл.

| **Водный объект** | **Гидрохимические**  **показатели, мг/л** | | | | **Вредные примеси, мг/л** | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **БПК5** | **Взвешенные вещества** | **SO42-** | **Cr** | **Азот-аммонийный** | **Нефтепродукты** | **Hg** | **Сu, мкг/л** |
| Куйбышевское вдхр., Водозабор против с. Климовка, 0,4 км от левого берега | 3,69 | 5,18 | 15,02 | 1,23 | 0,49 | 0,09 | 0,031 | 4,84 |
| Куйбышевское вдхр., 0,5 км ниже сброса УЧВ, 0.2 км от левого берега | 1,07 | 8,81 | 8,10 | 1,01 | 0,18 | 0,08 | - | 1,50 |
| Куйбышевское вдхр., 1,3 км выше плотины ГЭС, 0.4 км от левого берега | 1,83 | 6,48 | 42,3 | 22,0 | 0,05 | 0,12 | - | 4,20 |
| Саратовское вдхр., 0,5 км выше города, 0,2 км от левого берега | 1,62 | 11,9 | 14,3 | 45,3 | 0,16 | 0,09 | 0,088 | 5,00 |
| Саратовское вдхр., 1,0 км ниже выпуска ГОС, 0,2 км от левого берега | 1,89 | 2,17 | 9,90 | 3,95 | 0,06 | 0,24 | - | 0,01 |
| Саратовское вдхр., 1,0 км ниже выпуска ГОС, середина | 1,30 | 2,80 | 9,23 | 2,53 | 0,14 | 0,15 | - | 2,00 |

**2) Расчет индекса загрязнения атмосферного воздуха.**

Комплексный ИЗА (I(n)), учитывающий n загрязняющих веществ, рассчитывается по формуле:

(4.8)



где qcp *i* — среднегодовая концентрация i-го загрязняющего вещества, мг/м3;

*ПДКc.c.i* — его среднесуточная предельно допустимая концентрация, мкг/м3;

*Ci* — безразмерный коэффициент, позволяющий привести степень вредности i-ого загрязняющего вещества к степени вредности диоксида серы. Значения *Ci* равны 1,5; 1,3; 1,0 и 0,85 соответственно для 1, 2, 3 и 4 классов опасности загрязняющего вещества. Диоксид серы относится по степени вредности к третьему классу опасности (Ci=1), к ней приводится вредность всех веществ.

Чтобы значения I(n) были сравнимы для разных городов или за разные интервалы времени в одном городе, необходимо рассчитывать их для одинакового количества (m) загрязняющих веществ. Для этого по парциальным значениям Ii для отдельных примесей вначале составляется вариационный ряд, в котором I1 > I2 > ... > In. Далее рассчитывается суммарный I(m) для заданного и одинакового количества (m) загрязняющих веществ.

В информационных документах для оценки уровня загрязнения воздуха используется ИЗА для пяти загрязняющих веществ, рассчитанный по формуле (1), в которой n=m=5.

Показатель ИЗА используется не только, чтобы суммировать данные различных концентраций, измеренных в городе. Он применяется для изучения связи между уровнем загрязнения и заболеваемостью населения. Установлена зависимость между этими показателями и оказалось возможным связать значения ИЗА с числом заболеваний различными болезнями. На основе этих исследований установлены категории низкого, повышенного, высокого и очень высокого загрязнения воздуха.

В соответствии с существующими методами оценки, уровень загрязнения атмосферы может быть:

* низким (**Н**), ИЗА<5; повышенным (**П**), 7<ИЗА≥5; высоким (**В**), 14<ИЗА≥7; очень высоким (**ОВ**),ИЗА≥14.

Так, класс «нормы» соответствует уровню загрязнения воздуха ниже среднего по городам страны, класс «риска» равен среднему уровню; класс «кризиса» - выше среднего уровня; класс «бедствия» - значительно выше среднего уровня (табл. 4.11).

*Таблица 4.11*

Критерий оценки состояния загрязнения атмосферы по комплексному индексу (ИЗА)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Показатель состояния** | **Классы экологического состояния атмосферы** | | | |
| норма (Н) | риск (П) | кризис (В) | бедствие (ОВ) |
| Уровень загрязнения воздуха | менее 5 | 5–8 | 8–15 | более 15 |

Полученные результаты заносятся в таблицу, формулируются выводы об уровне загрязнения атмосферы.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № вар | Характеристики загрязнения атмосферы | | | | | | |
| ИЗА1 | ИЗА2 | ИЗА3 | ИЗА4 | ИЗА5 | ИЗА | Уровень загрязнения атмосферы |
|  |  |  |  |  |  |  |  |

Данные по среднегодовой концентрации загрязняющего вещества и среднесуточной предельно-допустимой концентрации представлены в таблице 4.12. Классы опасности поллютантов – таблица 4.13.

*Таблица 4.12*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№ вар** | **Азота оксид** | | **Бенз(а)пирен** | | **Бензол** | | **Сажа** | | **Сероуглерод** | | **Углерода оксид (мг/м3)** | | **Фторид**  **водорода** | |
| **qcp** | **ПДКсс** | **qcp** | **ПДКcc** | **qcp** | **ПДКсс** | **qcp** | **ПДКcс** | **qcp** | **ПДКcс** | **qcp** | **ПДКcс** | **qcp** | **ПДКcс** |
| 1 | 45 | 40 | 0,002 | 0,001 | 120 | 100 | 60 | 50 | 7 | 5 | 4 | 3 | 6 | 5 |
| 2 | 54 | 40 | 0,01 | 0,001 | 158 | 100 | 36 | 50 | 3 | 5 | 3 | 3 | 5 | 5 |
| 3 | 32 | 40 | 0,002 | 0,001 | 100 | 100 | 59 | 50 | 4 | 5 | 4 | 3 | 14 | 5 |
| 4 | 56 | 40 | 0,003 | 0,001 | 170 | 100 | 69 | 50 | 11 | 5 | 5 | 3 | 5 | 5 |
| 5 | 23 | 40 | 0,01 | 0,001 | 198 | 100 | 36 | 50 | 2 | 5 | 3 | 3 | 14 | 5 |
| 6 | 12 | 40 | 0,01 | 0,001 | 134 | 100 | 89 | 50 | 8 | 5 | 2 | 3 | 13 | 5 |
| 7 | 45 | 40 | 0,002 | 0,001 | 134 | 100 | 52 | 50 | 4 | 5 | 4 | 3 | 2 | 5 |
| 8 | 65 | 40 | 0,01 | 0,001 | 123 | 100 | 78 | 50 | 5 | 5 | 5 | 3 | 5 | 5 |
| 9 | 46 | 40 | 0,003 | 0,001 | 165 | 100 | 73 | 50 | 4 | 5 | 5 | 3 | 6 | 5 |
| 10 | 75 | 40 | 0,02 | 0,001 | 142 | 100 | 92 | 50 | 6 | 5 | 5 | 3 | 7 | 5 |
| 11 | 34 | 40 | 0,002 | 0,001 | 109 | 100 | 82 | 50 | 2 | 5 | 2 | 3 | 7 | 5 |
| 12 | 32 | 40 | 0,02 | 0,001 | 167 | 100 | 55 | 50 | 4 | 5 | 3 | 3 | 3 | 5 |
| 13 | 43 | 40 | 0,004 | 0,001 | 123 | 100 | 95 | 50 | 3 | 5 | 4 | 3 | 6 | 5 |
| 14 | 56 | 40 | 0,003 | 0,001 | 167 | 100 | 55 | 50 | 5 | 5 | 2 | 3 | 7 | 5 |
| 15 | 57 | 40 | 0,001 | 0,001 | 189 | 100 | 94 | 50 | 4 | 5 | 5 | 3 | 8 | 5 |
| 16 | 54 | 40 | 0,002 | 0,001 | 120 | 100 | 73 | 50 | 2 | 5 | 2 | 3 | 9 | 5 |
| 17 | 34 | 40 | 0,003 | 0,001 | 167 | 100 | 84 | 50 | 6 | 5 | 8 | 3 | 14 | 5 |
| 18 | 65 | 40 | 0,005 | 0,001 | 198 | 100 | 93 | 50 | 2 | 5 | 9 | 3 | 15 | 5 |
| 19 | 32 | 40 | 0,004 | 0,001 | 159 | 100 | 74 | 50 | 11 | 5 | 7 | 3 | 13 | 5 |
| 20 | 34 | 40 | 0,002 | 0,001 | 198 | 100 | 56 | 50 | 2 | 5 | 8 | 3 | 16 | 5 |
| 21 | 21 | 40 | 0,001 | 0,001 | 188 | 100 | 93 | 50 | 4 | 5 | 4 | 3 | 17 | 5 |
| 22 | 34 | 40 | 0,002 | 0,001 | 176 | 100 | 65 | 50 | 7 | 5 | 5 | 3 | 14 | 5 |
| 23 | 56 | 40 | 0,003 | 0,001 | 178 | 100 | 74 | 50 | 6 | 5 | 6 | 3 | 13 | 5 |
| 24 | 43 | 40 | 0,001 | 0,001 | 139 | 100 | 92 | 50 | 7 | 5 | 5 | 3 | 12 | 5 |
| 25 | 33 | 40 | 0,003 | 0,001 | 145 | 100 | 73 | 50 | 4 | 5 | 6 | 3 | 6 | 5 |

Значения среднегодовой концентрация загрязняющего вещества (мг/м3) и среднесуточная предельно допустимая концентрация поллютантов (мкг/м3)

*Таблица 4.13*

Некоторые характеристики поллютантов

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№** | **Вещество** | **Особенности воздействия на организм** | **Класс**  **опасности** | **ПДКмр, мг/м3** | **ПДКсс, мг/м3** |
| 1 | [Оксид углерода](http://www.mosecom.ru/dic/#%C3%90%C2%9E) | П\* | 4 | 5 | 3 |
| 2 | [Оксид азота](http://www.mosecom.ru/dic/#%C3%90%C2%9E) | О | 3 | 0,4 | 0,06 |
| 3 | Бенз(а)пирен | К | 1 | - | 0,001 |
| 4 | [Сажа](http://www.mosecom.ru/dic/#%C3%90%C2%9C) | Ф, К | 4 | 0,15 | 0,05 |
| 5 | [Фторид](http://www.mosecom.ru/dic/#%C3%90%C2%90) водорода | - | 3 | 0,02 | 0,005 |
| 6 | Сероуглерод | - | 2 | 0,03 | 0,005 |
| 7 | [Бензол](http://www.mosecom.ru/dic/#%C3%90%C2%91) | К+ | 2 | 0,3 | 0,1 |

\* П - пары и/или газы ,+- требуется специальная защита кожи и глаз, О - вещества с остронаправленным механизмом действия, требующие автоматического контроля за их содержанием в воздухе, К - канцерогены, Ф - аэрозоли преимущественно фиброгенного действия

**3) Расчет индекса загрязнения почвы.**

В соответствии с СП 502.1325800.2021 «Инженерно-экологические изыскания для строительства. Общие правила производства работ», химическое загрязнение почв и грунтов оценивается по суммарному показателю химического загрязнения (Zс), являющемуся индикатором неблагоприятного воздействия на здоровье населения.

Суммарный показатель химического загрязнения (Zс) характеризует степень химического загрязнения почв и грунтов обследуемых территорий вредными веществами различных классов опасности и определяется как сумма коэффициентов концентрации отдельных компонентов загрязнения по формуле

Zс=Kс1+... + Kсi+... + Kсn–(n–1) (4.9)

где n - число определяемых компонентов, Кci – коэффициент концентрации i-го загрязняющего компонента, равный кратности превышения содержания данного компонента над фоновым значением:

Кci = С i /Сф (4.10)

Для загрязняющих веществ неприродного происхождения коэффициенты концентрации определяют как частное от деления массовой доли загрязнителя на его ПДК:

Кci = w i /ПДКi (4.11)



К дополнительным показателям экологического состояния почв селитебных территорий относятся генотоксичность (рост числа мутаций по сравнению с контрольным, число раз) и показатели биологического загрязнения: число патогенных микроорганизмов, колититр (наименьшая масса почвы в г, в которой содержится 1 кишечная палочка) и содержание яиц гельминтов.

Экологическое состояние почв селитебных территорий следует считать относительно удовлетворительным при соблюдении следующих условий:

* суммарный показатель химического загрязнения (Zс) – не более 16;
* число патогенных микроорганизмов в 1 г почвы – менее 104;
* колититр – более 1,0;
* яйца гельминтов в 1 кг почвы – отсутствуют;
* генотоксичность почвы – не более 2.

При загрязнении почвы одним компонентом неорганической природы из прил. 9 определяются класс опасности элемента, его ПДК и Кmax по одному из четырех критериев эколого-токсикологического состояния (К1, K2, К3, К4).

В зависимости от фактического содержания элемента по табл. 4.14 и 4.15 оценивается степень загрязнения почвы.

*Таблица 4.14*

Фоновые содержания валовых форм тяжелых металлов и мышьяка в

почвах, мг/кг (ориентировочные значения для средней полосы России)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Почвы** | **Zn** | **Сd** | **РЬ** | **Н** | **Сu** | **Со** | **Ni** | **As** |
| Дерново-подзолистые песчаные и супесчаные | 28 | 0,05 | 6 | 0,05 | 8 | 3 | 6 | 1,5 |
| Дерново-подзолистые суглинистые и глинистые | 45 | 0,12 | 15 | 0,10 | 15 | 10 | 30 | 2,2 |
| Серые лесные | 60 | 0,20 | 16 | 0,15 | 18 | 12 | 35 | 2,6 |
| Черноземы | 68 | 0,24 | 20 | 0,20 | 25 | 25 | 45 | 5,6 |
| Каштановые | 54 | 0,16 | 16 | 0,15 | 20 | 12 | 35 | 5,2 |
| Сероземы | 58 | 0,25 | 18 | 0,12 | 18 | 12 | 40 | 4,5 |

*Таблица 4.15*

Критерии оценки степени загрязнения почвы неорганическими веществами

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Содержание в почве, мг/кг** | **Класс опасности соединения** | | |
| **1** | **2** | **3** |
| > Кmax | Очень сильная | Очень сильная | Сильная |
| От ПДК до Кmax | Очень сильная | Сильная | Средняя |
| От 2 фоновых значений до ПДК | Слабая | Слабая | Слабая |

При загрязнении почвы одним компонентом органического происхождения степень загрязнения определяется исходя из его ПДК и класса опасности по табл. 4.16.

*Таблица 4.16*

Критерии оценки степени загрязнения почвы органическими веществами

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Содержание в почве, мг/кг** | **Класс опасности соединения** | | |
| **1** | **2** | **3** |
| > 5 ПДК | Очень сильная | Сильная | Средняя |
| От 2 до 5 ПДК | Сильная | Средняя | Слабая |
| От 1 до 2 ПДК | Средняя | Слабая | Слабая |

При многокомпонентном загрязнении допускается оценка степени опасности по компоненту с максимальным содержанием.

Определение классов опасности, предельно допустимых концентраций (ПДК), ориентировочно допустимых концентраций (ОДК) загрязняющих веществ и общую оценку санитарного состояния почв производят в соответствии с нормативными документами Минздрава и Государственными стандартами РФ.

**Задача 1.** Ниже (табл. 4.17) приведены результаты анализов химического состава проб почв на нефтяном месторождении. Согласно схемам физико-географического почвенного районирования территория месторождения относится к Печорской области Русской равнины крайне северной тайги, Печорской северотаежной провинции. На территории месторождения почвы представлены торфяно-подзолисто-глеевыми, иллювиально-гумусовыми и торфяно-глеевыми типами.

Оцените степень загрязненности почв органическими и неорганическими веществами и охарактеризуйте динамику состояния почв по отношению к поступлению ЗВ.

*Таблица 4.17*

Показатели состава почв на территории нефтяного месторождения

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Точка отбора**  **проб** | **Дата** | **Массовая концентрация, мг/кг** | | | | |
| **Нефтепродукты** | **Хлориды**  **(С1-)\*** | **Pb** | **Zn** | **Сu** |
| 1 ФП | 06-07.08.2009 | 240 | 38 | 0,061 | 0,28 |  |
|  | 17.09.2010 | 48,38 | 0,025 | < 0,025 | 0,132 | 0,029 |
|  | 12.05.2011 | < 25,0 | 0,067\* | < 0,025 | 0,090 | 0,019 |
| 2 ФП | 06-07.08. 2009 | 440 | 21 | 0,062 | 0,61 |  |
|  | 17.09. 2010 | 1377,50 | 0,045 | 0,105 | 0,158 | 0,049 |
|  | 12.05.2011 | 47,88 | 0,060 | 0,034 | 0,108 | 0,о30 |
| 3 КП | 06-07.08. 2009 | 330 | 43 | 0,060 | 0,27 |  |
|  | 17.09. 2010 | 84,38 | 0,027 | 0,045 | 0,086 | 0,028 |
|  | 12.05.2011 | 118,0 | 0,065 | 0,083 | 0,146 | 0,074 |
| 4 КП | 06-07.08. 2009 | 320 | 35 | 0,059 | 0,26 |  |
|  | 17.09. 2010 | 86,13 | 0,042 | 0,150 | 0,107 | 0,043 |
|  | 12.05.2011 | 33,0 | 0,044 | 0,049 | 0,076 | 0,057 |
| 5 КП | 06-07.08. 2009 | 450 | 30 | 0,053 | 0,20 |  |
|  | 17.09. 2010 | 1б1,75 | 0,09 | <0,025 | 0,116 | 0,066 |
|  | 12.05.2011 | 38,25 | 0,042 | 0,077 | 0,150 | 0,061 |
| 6 КП | 06-07.08. 2009 | 460 | 11 | 0,029 | 0,29 |  |
|  | 17.09. 2010 | 38,50 | 0,019 | 0,146 | 0,014 | 0,051 |
|  | 12.05.2011 | 42,13 | 0,052 | 0,092 | 0,231 | 0,010 |
| 7 КП | ОЬ-07.08. 2009 | 660 | 14 | 0,028 | 0,34 |  |
|  | 17.09. 2010 | 4812,50 | 0,06 | 0,119 | 0,95 | 0,144 |
|  | 12.05.2011 | 128,38 | 0,062 | < 0,025 | 0,298 | 0,025 |
| 8 КП | 06-07.08. 2009 | 330 | 7,1 | 0,047 | 0,43 |  |
|  | 17.09. 2010 | 79,13 | 0,025 | 0,037 | 0,077 | 0,045 |
|  | 12.05.2011 | 49,50 | 0,039 | 0,066 | 0,357 | 0,072 |
| 9 КП | 06-07.08. 2009 | 320 | 16 | 0,14 | 0,47 |  |
|  | 17.09. 2010 | 116,00 | 0,025 | < 0,025 | 0,071 | < 0,005 |
|  | 12.05.2011 | <25,о | 0,042 | 0,102 | 0,067 | <0,005 |
| 10 КП | 06-07.08. 2009 | 840 | 1630 | 0,20 | 1,1 |  |
|  | 17.09.2010 | 32,75 | 0,010 | 0,094 | 0,110 | 0,017 |
|  | 12.05.2011 | 2223,75 | 0,070 | 0,140 | 0,427 | 0,148 |

\* Значения концентраций хлоридов по пробам 2001 г. приведены в ммоль/100 г.

**Задача 2.** Рассчитайте коэффициенты концентрации содержаний химических элементов в почвах, удобренных осадками сточных вод по данным табл. 4.18. Определите наиболее сильно загрязняющие почвы химические элементы.

*Таблица 4.18*

Валовое содержание химических элементов в почвах, удобренных компостами из ТБО и осадками сточных вод, мг/кг почв

| **Элемент** | **Почвы**  **полей** | | **Почвы**  **теплиц** | | **Почвы**  **контрольных**  **полей** | **Почвы с осадками от мало-промышленного города** | **Почвы с осадками от промышленного города** | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Hg | 0,14 | 0,43 | 0,6 | 1,51 | 0,001 | 0,013 | 0,029 | 0,250 |
| Мо | 0,42 | 1,61 | 1,87 | 8,50 | 0,62 | 0,74 | 0,71 | 0,9 |
| Ag | 0,16 | 0,46 | 0,3 | 1,24 | 0,06 | 0,06 | 0,5 | 1,8 |
| As |  |  |  |  | 1,8 | 1,6 | 62 | 27,0 |
| Сu | 18,85 | 42,35 | 66,4 | 207,0 | 13,3 | 15,6 | 24,3 | 55,7 |
| Zn | 46,0 | 154,0 | 282,6 | 963,3 | 37,5 | 30,0 | 95,3 | 145,5 |
| Cr | 46,2 | 77,3 | 29,5 | 68,2 | 35,4 | 27,7 | 22,7 | 124,9 |
| Sb | 3,95 | 13,47 | 7,20 | 61,28 | 3,7 | 3,0 | 4,0 | 10,8 |
| Ni | 9,8 | 21,15 | 10,8 | 34,3 | 11,8 | 7,7 | 17,7 | 31,3 |
| Pb | 37 | 76,5 | 86,4 | 180,0 | 19,75 | 15,4 | 34,4 | 50,1 |
| V | 84,5 | 170,0 | 10,7 | 69,3 | 115,0 | 58,5 | 172,5 | 225,0 |
| Sr | 27,0 | 41,0 | 106,3 | 250,0 | 24,75 | 23,2 | 33,5 | 40,0 |

**Контрольные вопросы:**

* 1. Какие основные источники химического загрязнения почв вы знаете?
  2. В чем заключается суть нормирования качества почвы?
  3. Какие показатели используются для оценки химического загрязнения почв?
  4. Что такое предельно допустимая концентрация (ПДК) химических веществ в почве?
  5. Чем отличаются ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) от ПДК?
  6. Каковы общие требования к организации наблюдений за уровнем загрязнения атмосферы?
  7. Каковы цель и виды обследования состояния загрязнения атмосферы?
  8. Перечислите работы, которые должны быть включены в программу комплексного обследования атмосферы.

###### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 502.1325800.2021 «Инженерно-экологические изыскания для строительства. Общие правила производства работ», 2021.
2. Оценка степени загрязнения почв химическими веществами. – Ч. 1. Тяжелые металлы и пестициды. – М.: Минприроды РФ, 1982
3. Еремкин А.И., Квашин И.Н., Юнкеров Ю.И. Нормирование выбросов вредных веществ в атмосферу: Учеб. пособие. - М.: Изд-во АСВ, 2000.
4. Охрана окружающей среды. Учеб. Пособие: в 2 т / Под ред. В.И. Данилов-Данильян. - М.: Изд-во МНЭПУ, 2000.
5. Родионов А.И., Кузнецов Ю.П., Соловьев Г.С. Защита биосферы от промышленных выбросов. Основы проектирования технологических процессов. – М.: Химия, КолосС, 2005.
6. Николайкин Н.И. Экология: Учебник для ВУЗов. – М.: Дрофа, 2004.
7. Арустамов Э.А., Баркалова Н.В., Левакова И.В. Экологические основы природопользования: Учебник. – 2-е. изд., перераб. –М.: Издательско-торговая корпорация Дашков и Ко, 2005.
8. Протасов В.Ф. Экология, здоровье и охрана окружающей среды в России. М.: Финансы и статистика, 2000. 672 с.
9. Руководство по контролю загрязнения атмосферы РД 52.04.186-89.
10. Гигиенические нормативы ГН 2.1.6.1984-05 «Ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест».
11. ГОСТ 17.2.1.03-84. Охрана природы. Атмосфера. Термины и определения контроля загрязнения.