

ИСТОЧНИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ

Ижевск 2015

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФГБОУ ВПО «Удмуртский государственный университет»

Институт гражданской защиты

Кафедра инженерной защиты окружающей среды

ИСТОЧНИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ

Учебно-методическое пособие

ИЦ «Удмуртский университет»

Ижевск

2015

УДК 502.17 (075.8)

ББК 20.1 я73

Рекомендовано к изданию Учебно-методическим советом УдГУ.

Источники загрязнения среды обитания: учебно-методическое пособие / Сост. Борисова Е.А., Устюжанина А.Н. Ижевск: Издательский центр «Удмуртский университет», 2015. 50 с.

В учебно-методическом пособии рассмотрены основные виды источников загрязнений окружающей среды.

Пособие адресовано студентам бакалавриата направления «Природообустройство и водопользование» при изучении дисциплины «Химия окружающей среды».

В пособии представлены 8 практических работ по расчету различных источников загрязнения окружающей среды и 32 задачи для самостоятельного решения.

Практические работы включают теоретическую часть, методические указания для расчета, примеры выполнения задания и задания по вариантам для самостоятельного выполнения.

УДК 502.17 (075.8)

ББК 20.1 я73

© Е.А. Борисова, А.Н. Устюжанина , 2015

© ФГБОУ ВПО «Удмуртский государственный университет», 2015

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
Практическая работа № 1 Оценка уровня экологического состояния атмосферного воздуха в городе с учетом эффекта суммации действия.....	5
Практическая работа № 2 Расчет предельно допустимых нагретых выбросов (ПДВ) вредных веществ в атмосферу, максимальной приземной концентрации C_m от одиночного стационарного источника и расстояния, на котором она наблюдается.....	11
Практическая работа № 3 Расчет массы вредных выбросов передвижных источников на железнодорожном транспорте.....	16
Практическая работа № 4 Расчет степени загрязнения улиц города автотранспортом.....	20
Практическая работа № 5 Расчет категории опасности предприятия для биосферы в зависимости от массы и номенклатуры выбрасываемых в атмосферу загрязняющих веществ и определение размеров санитарно-защитной зоны предприятия.....	24
Практическая работа № 6 Расчет загрязнения поверхностных водоемов сточными водами.....	28
Практическая работа № 7 Расчет загрязнения почвы при использовании в качестве удобрения осадка, образовавшегося при очистке сточных бытовых вод.....	37
Практическая работа № 8 Определение ущерба, наносимого отдельным предприятием, здравоохранению.....	42
Задачи для самостоятельного решения.....	45
Список рекомендуемой литературы.....	50

ВВЕДЕНИЕ

Данное учебно-методическое пособие направлено на формирование у студентов следующих компетенций по направлению «Природообустройство и водопользование»:

ОПК-3 способностью обеспечивать требуемое качество выполняемых работ и рациональное использование ресурсов;

ПК-11 способностью оперировать техническими средствами при измерении основных параметров природных процессов с учетом метрологических принципов;

ПК-12 способностью использовать методы выбора структуры и параметров систем природообустройства и водопользования;

ПК-16 способностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач.

В результате освоения дисциплины «Химия окружающей среды» студент должен:

Знать: химические системы биосферы; изменение состава компонентов биосферы под действием техносферы; изучение химических механизмов, лежащих в основе современных экологических проблем.

Уметь: формулировать основные термины химии окружающей среды; составлять циклические процессы превращения вещества в окружающей среде и объяснять причинно-следственные взаимосвязи внутри циклов.

Владеть: анализом химических и физико-химических подходов восстановления состава окружающей среды с точки зрения выявления их преимуществ и ограничений.

При работе с пособием рекомендуется изучить теоретические материалы по теме и методику расчета, а затем приступить к выполнению самостоятельной работы.

Практическая работа №1

Оценка уровня экологического состояния атмосферного воздуха в городе с учетом эффекта суммации действия.

Указания к решению задачи

Качество атмосферного воздуха — это совокупность свойств атмосферы, определяющая степень воздействия физических, химических и биологических факторов на людей, растительный и животный мир, а также на конструкции и окружающую среду в целом. Качество атмосферного воздуха определяется степенью соответствия атмосферных условий потребностям людей или других организмов. До определенного уровня антропогенного воздействия необходимое состояние атмосферных условий обеспечивается самой природой путем саморегуляции, самоочищения от вредных для нее веществ.

Возрастающее воздействие на окружающую среду поставило вопрос о необходимости регулирования ее качества, для чего нужны нормативы (показатели) предельно допустимых воздействий на атмосферу. Основы оценки качества воздуха — гигиеническое регламентирование концентраций загрязняющих атмосферу веществ. Основными органами, утверждающими нормативы, являются Министерство природных ресурсов и Госсанэпидемнадзор.

Основным нормативом качества воздуха является *предельно допустимая концентрация* (ПДК) — максимальная концентрация примеси в атмосфере, отнесенная к определенному времени осреднения, которая при периодическом времени воздействия или на протяжении всей жизни человека не оказывает на него вредного воздействия, включая отдаленные воздействия, и на окружающую среду в целом (ГОСТ 17.2.1.1.04 - 77). ПДК загрязняющего вещества измеряется в мг/м³. ПДК загрязняющего вещества в воздухе утверждается постановлением Главного государственного санитарного врача РФ по рекомендации Комиссии по государственному санитарно-эпидемиологическому нормированию при Министерстве социального развития и здравоохранения России.

Под *фоновой концентрацией загрязняющего вещества* S_f понимают количество вещества, содержащегося в единице объема природной среды, подверженной антропогенному воздействию (ГОСТ 27593-88). Фоновая концентрация измеряется в мг/м³, г/м³, мг/л, мг/кг почвы. Фоновые концентрации определяются как среднегодовые (среднемесечные) для данного региона и контролируются органами Минэкологии, Госкомгидромета, СЭС.

ПДК делится на две группы: ПДК в воздухе рабочей зоны и ПДК в воздухе населенных мест. Кроме того, для воздуха устанавливают ПДК в зависимости от времени воздействия (табл.1.1). ПДК вредных веществ, загрязняющих атмосферу, регламентирует ГОСТ 12.1.005-88 и ГН 2.1.6.1338 — 03 для более 1300 различных вредных веществ. В этих же нормативах

представлены списки веществ, выброс которых в атмосферный воздух запрещен.

Таблица 1.1- Предельно допустимая концентрация

Наименование ПДК	Обозначение ПДК, мг/м ³
Предельно допустимая концентрация загрязнителя в воздухе рабочей зоны	ПДК _{р.з.}
Предельно допустимая среднесуточная концентрация загрязнителя в воздухе населенных мест	ПДК _{с.с.}
Предельно допустимая максимальная разовая концентрация загрязнителя в воздухе населенных мест	ПДК _{м.р.}
Предельно допустимый выброс загрязнителей в атмосферу	ПДВ

ПДК_{р.з.} - концентрация вещества в воздухе, которая не вызывает у работающих людей при ежедневном вдыхании в пределах 8 часов на протяжении всего рабочего стажа заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследования, непосредственно в процессе работы или в перспективе.

Рабочая зона - пространство высотой 2 м над уровнем пола, на котором постоянно или временно пребывают работающие.

ПДК_{с.с.} - концентрация вещества в воздухе населенного пункта, которая не оказывает на человека прямого или косвенного вредного воздействия в условиях неопределенно долгого круглосуточного вдыхания.

ПДК_{м.р.} - максимальная разовая концентрация вредного вещества в воздухе населенных мест, которая не вызывает рефлекторных реакций в организме человека при вдыхании в течение 20 минут.

ПДВ - максимально допустимое к выбросу в атмосферный воздух количество загрязнителей данным источником в единицу времени. ПДВ рассчитывается по формуле

$$\text{ПДВ} = K_p \times \text{ПДК}, \quad (1.1)$$

где K_p — коэффициент разбавления загрязнителя м³/с.

Концентрация вредных веществ в воздухе населенных мест не должна превышать максимально разовых. Среднесуточные значения ПДК используются в тех случаях, когда максимально разовые не определены. ПДК некоторых распространенных веществ приведены в табл. 1.6.

Если достаточных разработок для установление ПДК нет, то устанавливается *ориентировочно-безопасный уровень ОБУВ* - временно согласованный норматив, на три года. По истечении этого срока он должен

быть пересмотрен или заменен значением ПДК. ОБУВ утверждается постановлением Главного государственного санитарного врача РФ.

Таблица 1.2- Классы опасности веществ

Класс опасности	Характеристика	Вредные вещества
1	Чрезвычайно опасные	Ртуть, свинец и др.
2	Высоко опасные	Серная кислота, соляная кислота и др.
3	Умеренно опасные	Табак, воинов и др.
4	Малоопасные	Ацетон, керосин и др.

По степени воздействия на организм человека этот же стандарт подразделяет вредные вещества на 4 класса (см. табл. 1.2).

Класс опасности вредных веществ устанавливают по определенным показателям, приведенным в табл. 1.3.

Таблица 1.3-Показатели класса опасности вещества

Показатель	Норма загрязнения			
	Класс 1	Класс 2	Класс 3	Класс 4
Предельно допустимая концентрация ПДК в воздухе, мг/м ³	До 0,1	0,1-1	1,1-10	Более 10
Средняя смертельная концентрация в воздухе, мг/м ³	До 500	500-5000	5001-50000	Более 50000
Коэффициент возможного ингаляционного отравления	Более 300	300-30	29-3	Менее 3
Зона острого отравления	Менее 6	6-18	18,1-54	Более 54
Зона хронического отравления	Более 10	10-5	4,9-2,5	Менее 2,5

Наблюдения за загрязнением атмосферы проводится регулярно в 219 городах и населенных пунктах России на стационарных постах (621) Росгидромета. В большинстве городов измеряются концентрации от 5 до 25 веществ. В России 195 городов с населением 64,6 млн. человек, в которых средние за год концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе превышают ПДК.

Приоритетный список, в который включены города России с самым высоким уровнем загрязнения воздуха (индекс загрязнения атмосферы более 14) насчитывает 22 города с общей численностью населения 14 млн. человек.

При одновременном воздействии нескольких веществ однонаправленного действия возможен синэргетический эффект,

состоящий в том, что совместное действие нескольких веществ оказывается больше суммы их воздействий в отдельности (эффект суммации действия).

При одновременном содержании в воздухе нескольких веществ однонаправленного действия их безразмерная суммарная концентрация не должна превышать единицы:

$$\sum_{i=1}^n \frac{C_i}{ПДК_i} \leq 1, \quad (1.2)$$

где, C_i – концентрация i -го вредного вещества в атмосферном воздухе;

ПДК $_i$ – ПДК i -го вредного вещества в атмосферном воздухе;

n – количество загрязняющих веществ.

Таблица 1.4- Сочетание вредных веществ с синергетическим воздействием

Код	Сочетание вредных веществ с синергетическим воздействием
6004	Аммиак, сероводород, формальдегид
6007	Азота диоксид, гексан, углерода оксид, формальдегид
6008	Азота диоксид, гексан, серы диоксид, углерода оксид
6010	Азота диоксид, серы диоксид, углерода оксид, фенол
6015	Ацетон, фурфурол, формальдегид, фенол
6035	Сероводород, формальдегид
6038	Серы диоксид, фенол
6040	Серы диоксид и трехокись серы, аммиак и оксиды азота
6049	Фурфурол, метиловый и этиловый спирты
6051	Этилен, пропилен, бутилен и амилен
6055	Уксусная кислота, фенол, этилацетат

Уровень оценки экологического состояния природной среды определяется безразмерной суммарной относительной концентрацией вредных веществ, по отношению к заданным ПДК, которая рассчитывается по уравнению (1.2).

Таблица 1.5- Уровень экологического состояния

Значения $\sum_{i=1}^n \frac{C_i}{ПДК_i}$	Уровень экологического состояния
<1	Максимум экологической стабильности
2	Минимум экологической стабильности
>3	Среда в пределах самовосстановления
>>4	Необратимые последствия

Задача. Оценить уровень экологического состояния атмосферного воздуха:

1. Проведите расчеты суммарной относительной концентрации вредных веществ: $\sum_{i=1}^n \frac{c_i}{ПДК_i}$.

2. Выделите по табл. 1.4 группу веществ, обладающих эффектом суммации действия.

3. Сделайте выводы, какие вещества оказывают наибольшее вредное воздействие.

4. По табл. 1.5 сделайте вывод об экологическом состоянии атмосферного воздуха в городе.

Данные, необходимые для расчета, приведены в табл. 1.6. Вариант определяется по последней цифре учебного шифра студента.

Таблица 1.6- Исходные данные

Наименование вещества	ПДК, мг/м ³		Клас с опас н.	Вариант (последняя цифра учебного шифра студента)									
	макс разова я	средн. суточ		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Азота диоксид	0,085	0,040	2	0,03	0,05	0,03 5	0,02 9				0,06		
Амилен	3,00	1,00	3		0,8								1,5
Аммиак	0,2	0,04	4	0,06					0,01		0,14		
Ангидрид сернистый	0,5	0,05	3			0,06							
Ацетон	0,35	0,35	4	0,13			0,25	0,54					
Бензин	5	1,5	4			1,0			2,5				
Бензол	1,5	0,1	2					0,5					
Бутилен	3,00	1,00	3				0,2					3,0	2,5
Взвешенные вещества	0,5	0,15	3					0,32	0,45				
Гексан	60	6	4		15				7	9			
Гексен	0,40	0,085	3			0,09 5							
Метанол	1,00	0,500	3						0,55 0				
Пропилен	3,00	1,00	3							1,5			
Сероводород	0,008	0,001	2	0,004					0,00 6		0,05		
Серы диоксид	0,500	0,050	3							0,05	0,06		
Сероуглерод	0,03	0,005	2								0,15		
Трехокись серы	0,500	0,050	3							0,05	0,13		
Толуол	0,600	0,030	3		0,00 4							0,0 9	
Уксусная кислота	0,200	0,060	3							0,07			0,05
Углерода оксид	5	3	4		2	5	4						
Фенол	0,001	0,003	2				0,00 2	0,00 4		0,03			0,34
Формальдегид	0,035	0,003	2	0,004	0,00 6			0,05 0	0,06 5				
Фурфурол	0,080	0,040	3					0,06 0				0,0 3	
Этилацетат	0,100	0,02	4										0,05
Этилен	3,00	1,00	3									1,5	1,0

Практическая работа №2

Расчет предельно допустимых нагретых выбросов (ПДВ) вредных веществ в атмосферу, максимальной приземной концентрации C_m от одиночного стационарного источника и расстояния, на котором она наблюдается.

Указания к решению задачи

Предельно допустимый выброс (ПДВ) – это выбросы такого количества вредных веществ в атмосферу в единицу времени, которые не создают на приземную концентрацию большую, чем ПДК. Величина ПДВ, г/с, вредных веществ рассчитывается по формуле:

$$ПДВ = \frac{(ПДК - C_{\phi})H^2}{A \times F \times m \times n \times \eta} \times \sqrt[3]{V_1 \Delta T}, \quad (2.1)$$

где ПДК – предельно допустимая концентрация загрязняющего вещества, мг/м³;

C_{ϕ} – фоновая концентрация вредного вещества, мг/м³;

H – высота источника выброса, м;

V_1 – расход газовойоздушной смеси, м³/с, определяется по формуле:

$$V_1 = \frac{\pi \times D^2}{4} \times W_0, \quad (2.2)$$

где w_0 – скорость выхода газовойоздушной смеси, м/с;

D – диаметр устья трубы, м;

$\Delta T = T_{\Gamma} - T_{\text{в}}$ – разница температуры выбрасываемого газовойоздушного потока T_{Γ} и окружающего $T_{\text{в}}$ °С; за T_{Γ} принимается температура выбрасываемого газовойоздушной смеси отопления, за $T_{\text{в}}$ – средняя температура окружающей среды;

A – коэффициент температурной стратификации атмосферы, учитывающий вертикальные перемещения воздуха в зависимости от степени расчлененности рельефа.

Коэффициент A изменяется от 120 до 250, в зависимости от географического района и расположения.

Значение коэффициента A принимаются равными:

$A=180$ – для Европейской части России и Урала от 50 до 52° с. ш.;

$A=160$ – для европейской территории России и Урала севернее 52° с. ш. (за исключением центра ЕТР);

$A=140$ – для Московской, Тульской, Рязанской, Владимирской, Калужской, Ивановской области.

F – безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ:

$F=1$ – для газообразных вредных веществ и мелкодисперсных аэрозолей (пыли, золы и т.п.), у которых скорость упорядоченного осаждения в воздухе равна 0;

для мелкодисперсных аэрозолей и тяжелых газов (кроме вышеуказанных):

F=2 – при степени очистки не менее 90%;

F=2,5 – при степени очистки 75-90%;

F=3 – при степени очистки менее < 75% и при отсутствии очистки, а также для любых загрязняющих веществ в присутствии паров воды.

Значение безразмерных коэффициентов m и n, определяемых условиями выхода газовой смеси из устья источника выброса зависят от соотношения высоты источника выброса, его диаметра скорости и температуры отходящих газов.

η – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа, в случае ровной или слабопересеченной местности с перепадом высот, не превышающем 50 м на 1 км $\eta = 1$.

Максимальная концентрация загрязняющего вещества при фиксированных выбросах из источника (M_x , г/с) рассчитывается по формуле:

$$C_{max} = \frac{A \times M_x \times F \times m \times n \times \eta}{H^2 \times \sqrt[3]{V_1 \times \Delta T}} \quad (2.3)$$

где M_x – масса загрязняющего вещества, выбрасываемого в атмосферу в единицу времени, г/с.

Значение M следует относить к 20 – 30-минутному периоду осреднения.

Расстояние от источника загрязнения, на котором наблюдается максимальная концентрация вредного вещества, определяется по формуле:

$$l_{max} = \frac{5-F}{4} \times d \times H, \quad (2.4)$$

Где d – безразмерный аэродинамический коэффициент.

Задача.

Определите:

1. Максимальную концентрацию C_m основного вредного вещества (диоксида серы) в приземном слое атмосферного воздуха от дымовой трубы котельной;
2. Предельно допустимый выброс (ПДВ);
3. Расстояние от трубы до места образования максимальной приземной концентрации при неблагоприятных погодных условиях, согласно данным по табл. 2.1.

Номер варианта определяется по последней цифре шифра студента.

Предельная допустимая концентрация диоксида серы ПДК – 0,05 мг/м³. Место расположения котельной определяется проживанием студента. Рельеф местности, окружающий дымовую трубу – спокойный (с перепадом не более 50 м на 1 км). Топливо – сернистый мазут.

Таблица 2.1- Исходные данные для расчетов

Показатели	Обознач. , единица измерени я	Вариант (последняя цифра учебного шифра студента)									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Общая производительнос ть котельной	$Q_{об}$, МДж/ч	300 0	250 0	260 0	270 0	280 0	290 0	305 0	310 0	315 0	320 0
КПД котельной	k	0,80	0,75	0,76	0,77	0,78	0,79	0,81	0,82	0,80	0,78
Диаметр устья дымовой трубы	D, м	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,65	0,70	0,60
Температура выброса	T_r , °C	150	160	180	190	190	200	210	200	190	180
Температура наружного воздуха	T_x , °C	20	19	18	17	21	22	20	19	18	20
Количество уходящих газов от 1 кг сжигаемого мазута	V_r , м ³ /кг	22,4	22,2	22,0	21,8	21,6	21,4	22,4	22,2	22,0	22,2
Теплота сгорания топлива	Q_n , МДж/кг	44,1	43,6	42,7	43,0	39,0	40,0	41,0	42,2	43,9	42,8
Концентрация диоксида серы в уходящих газах	a, г/м ³	3,0	3,2	3,4	3,6	2,8	3,8	4,2	4,6	3,9	4,5
Фоновая концентрация диоксида азота	$C_{ф}$, г/ м ³	0,3	0,4	0,5	0,6	0,3	0,4	0,5	0,6	0,5	0,7
Высота трубы	H, м	35	38	40	42	44	45	48	50	42	45
Скорость выхода газовоздушной смеси из устья трубы	w, м ³ /с	2,8	2,6	3,0	3,2	3,4	2,7	2,9	3,1	3,5	3,8

Порядок проведения расчетов

1. Определяем часовой расход топлива:

$$B_u = \frac{Q_{об}}{Q_n \times k} \left(\frac{кг}{ч} \right),$$

где $Q_{об}$ – общая производительность котельной, МДж/ч;

Q_n – теплота сгорания топлива, МДж/кг;

K – коэффициент полезного действия котельной.

2. Расход газовой смеси, образующей при сгорании топлива:

$$V_1 = \frac{B_q \times V_2}{3600} \left(\frac{m^3}{c} \right),$$

где V_1 , м³/кг – количество уходящих газов 1 кг сжигаемого топлива.

3. Мощность выбросов M или масса вредного вещества (диоксида серы), выбрасываемого в атмосферу, определяется по формуле:

$$M = V_1 \times a \text{ (г/с)},$$

где a – концентрация диоксида серы в уходящих газах, г/м³.

4. Скорость выхода газовой смеси из устья трубы находят из выражения:

$$w = \frac{4 \times V_1}{\pi \times D^2} \text{ (м/с)},$$

где D – диаметр устья дымовой трубы.

5. Безразмерный коэффициент f рассчитывается по формуле:

$$f = 1000 \times \left(\frac{w}{H} \right)^2 \times \frac{D}{\Delta T}.$$

6. Затем рассчитывается безразмерный коэффициент m по уравнению:

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1\sqrt{f} + 0,34\sqrt[3]{f}}.$$

7. При скорости ветра, изменяющейся в пределах $0,5 < V_{\text{ветра}} < 2$ м/с рассчитывается величина:

$$V_m = 0,65 \sqrt[3]{\frac{V_1 \times \Delta T}{H}}.$$

8. Безразмерный коэффициент n зависит от V_m :

при $V_m \geq 2$, $n=1$

при $1 \leq V_m < 2$, $n=0,532 \times V_m^2 - 2,13 \times V_m + 3,13$

при $V_m < 1$, $n=4,4 \times V_m$.

9. Максимальная концентрация загрязняющего вещества (диоксида серы) при фиксированных выбросах из горячего источника рассчитывается по формуле:

$$C_{\max} = \frac{A \times M_x \times F \times m \times n \times \eta}{H^2 \times \sqrt[3]{V_1 \times \Delta T}} \text{ (мг/м}^3\text{)},$$

где η – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа, в случае ровной или слабопересеченной местности с перепадом высот, не превышающем 50 м на 1 км $\eta = 1$.

H – высота источника выбросов.

10. Проверяем выполнение условия экологической безопасности:

$$C_{\max} + C_{\phi} > ПДК.$$

11. При этом следует, что предельный допустимый выброс из горячего источника равен:

$$ПДВ = C_{\max} \times \frac{\sqrt[3]{V_1 \times \Delta T \times H^2}}{A \times F \times m \times n \times \eta} \text{ (г/с)},$$

12. Расстояние от источника загрязнения до места, где наблюдается максимальная приземная концентрация вредного вещества, определяется по формуле:

$$l_{max} = \frac{5 - F}{4} \times d \times H,$$

где d – безразмерный аэродинамический коэффициент.

13. При горячих выбросах, т.е. $\Delta T \gg 5^\circ \text{C}$, коэффициент d определяется по формуле:

$$d = 2,48 \times \left[1 + 0,28 \times \sqrt[3]{800 \times \left(1,3 \times \frac{w_0 \times D}{H} \right)^3} \right] = 2,48 \times \left(1 + \frac{w_0 \times D}{H} \right) \text{ при}$$

$$V_m \leq 0,5;$$

$$d = 4,95(1 + 0,28\sqrt[3]{f_e}) \text{ при } 0,5 \leq V_m \leq 2;$$

$$d = 7\sqrt{V_m}(1 + 0,28\sqrt[3]{f}) \text{ при } V_m > 2.$$

Практическая работа №3

Расчет массы вредных выбросов передвижных источников на железнодорожном транспорте

Указания к решению задачи

К передвижным источникам загрязнения атмосферы на железнодорожном транспорте относится путевая техника, в том числе и тепловозы. Один тепловоз по вредным выбросам эквивалентен 10-15 грузовым автомобилям.

На железнодорожном транспорте используются грузовые, маневровые и пассажирские тепловозы. Вредными веществами в отработанных газах дизельных двигателей тепловоза являются оксиды углерода, серы и азота, углеводороды, альдегиды и сажа. При работе двигателя тепловоза с выхлопными газами в атмосферу поступает 97 – 98% вредных веществ и 2 – 3% - с картерными газами при использовании топлива. Состав отработанных газов зависит от типа двигателя и режима эксплуатации (табл. 3.2.)

Для удобства расчетов режимы работы тепловозных двигателей разбивают на пять групп:

1. Холостой ход;
2. 24%-е использование мощности (0,25P);
3. 50%-е использование мощности (0,50P);
4. 75%-е использование мощности (0,75P).
5. Номинальная мощность (P).

Годовая масса выбросов загрязняющих веществ – сажи С, оксида углерода СО диоксидов азота NO₂ и серы SO₄ двигателей определенного типа тепловозов рассчитываются по формуле:

$$M_j = D \cdot N_k \cdot t_c \cdot \sum_{i=1}^5 t_i \cdot m_i, \left(\frac{\text{кг}}{\text{год}} \right), \quad (3.1)$$

где j – тип вредного вещества;

D = 365 число дней в году;

N_k – количество локомотивов данного типа на станции;

t_c - суммарное время работы тепловоза в сутки, ч;

i – режимы работы двигателя;

t_i - распределение времени работы двигателя тепловоза в различных режимах (табл. 3.1.);

m_i - значение удельных выбросов вредных веществ в отработанных газах дизельных двигателей тепловозов, кг/ч (табл. 3.2.).

Суммарный годовой выброс вредных веществ двигателями тепловозов в локомотивном депо рассчитывается по формуле:

$$M = \sum_{j=1}^n M_j$$

где n – число типов тепловозов.

Таблица 3.1- Распределение времени работы t_i двигателей тепловозов в различных режимах в относительных единицах

Тип тепловоза	Режимы работы двигателя				
	Холостой ход	0,25Р	0,50Р	0,75Р	Максимальная мощность, Р
ТЭЗ	0,673	0,015	0,015	0,029	0,268
2ТЭ10Л(В)	0,620	0,097	0,118	0,110	0,055
2ТЭ116	0,600	0,072	0,108	0,149	0,071
2М62	0,675	0,023	0,045	0,035	0,222
ТЭМ2, ТЭМ1, ЧМЭЗ	0,456	0,398	0,129	0,012	0,005

Задача. Рассчитать годовые выбросы отработанных газов двигателями тепловозов в локомотивном депо.

Выбросы содержат сажу С, оксиды СО, диоксиды азота NO₂ и серы SO₂.

Распределение времени работы двигателей и удельные выбросы загрязняющих веществ в отработанных газах, необходимые для расчетов, приведены в табл. 3.1. – 3.2.

Количество N_k , тип тепловозов в локомотивном депо, суммарное время работы t_c каждого локомотива в течение суток даны в табл. 3.3 и определяются согласно учебного шифра студента.

Таблица 3.2- Значение удельных выбросов m_i загрязняющих веществ с отработанными газами дизельных двигателей тепловозов

Тип тепловоза (двигателя)	Вредное вещество	Режимы работы двигателя				
		Холостой ход	0,25Р	0,50Р	0,75Р	Максимальная мощность, Р
ТЭЗ (2Д100)	СО	0,44	1,94	4,46	17,20	93,90
	NO ₂	1,36	15,71	40,17	44,80	50,76
	SO ₂	0,53	1,94	2,23	3,70	6,58
	С	0,01	0,15	0,74	0,73	0,72
2ТЭ10Л(В)	СО	0,26	5,47	5,65	34,30	73,11
	NO ₂	0,29	14,37	27,32	40,10	67,88
	SO ₂	0,08	1,62	3,01	3,15	3,15
	С	0,83	2,39	4,54	3,41	3,22
2ТЭ116 (2Д70)	СО	0,36	1,94	3,45	19,73	41,83
	NO ₂	0,30	8,82	22,42	37,80	59,67
	SO ₂	0,16	1,15	5,48	6,01	6,57
	С	0,30	1,23	3,38	3,23	2,98
2М62 (14Д40)	СО	0,23	2,57	5,85	17,23	34,00
	NO ₂	1,41	16,20	24,98	40,50	68,63
	SO ₂	0,31	1,22	1,87	2,96	4,13
	С	-	0,14	0,23	0,64	0,90

Продолжение таблицы 3.2

ТЭМ2 (ПД1М)	CO	0,16	1,89	2,23	7,75	15,19
	NO ₂	0,11	4,67	15,53	27,10	41,63
	SO ₂	0,18	0,99	2,26	2,14	1,87
	C	0,01	0,09	0,28	0,33	0,38
ТЭМ1 (Д50)	CO	0,80	0,99	1,24	1,75	3,51
	NO ₂	2,00	3,98	6,98	8,00	9,36
	SO ₂	0,17	0,84	1,96	1,87	1,74
	C	0,01	0,08	0,23	0,29	0,31
ЧМЭ3 (310ДР)	CO	0,60	0,53	2,06	4,30	6,37
	NO ₂	3,90	9,80	10,60	12,40	11,70
	SO ₂	0,27	1,18	2,76	3,11	3,17
	C	0,01	0,10	0,31	0,31	0,36

Таблица 3.3- Количество N_k и типы тепловозов в локомотивном депо, суммарное время работы t_c каждого локомотива в течение суток

Тип тепловоза		Последняя цифра учебного шрифта студента									
		0	1	2	3	4	5	6	7	9	10
ТЭ3 (2Д100)	N_k	2		4		5		4	3		6
	t_c	22,5		21, 5		22, 5		21,6	20,9		22,5
2ТЭ10Л(В) 10Д100	N_k		4	2	5		6			3	4
	t_c		22,5	20, 0	21,0		10,4			22,1	21,5
2ТЭ116 (2Д70)	N_k	3			4	3	2		5		
	t_c	21,6			22,0	21, 4	22,5		20,5		
2ТЭ116 (2Д70)	N_k		3	2			5	4		6	
	t_c		22,8	21, 8			22,5	20,5		21,6	
2М62 (14Д40)	N_k	4				3		5	2		4
	t_c	20,5				21, 7		22,5	20,5		20,5
ТЭМ2 (ПД1М)	N_k		4	5		3		3		3	
	t_c		22,0	21, 5		20, 1		20,8		22,5	
ТЭМ1 (Д50)	N_k		2		3		5		4		
	t_c		20,0		22,5		21,2		21,4		
ЧМЭ2 (310ДР)	N_k	3			5					4	8
	t_c	20,0			21,5					22,5	21,1

Практическая работа № 4

Расчет степени загрязнения улиц города автотранспортом

Указания к решению задачи

Количество автомобилей в мире к 2000г. Достигло 604 млн. Уровень автомобилизации населения составляет 100 шт. на 1000 чел. В США -70 машин на 100 человек. За последние 5 лет уровень мировой автомобилизации вырос на 27%, при росте самого населения планеты на 4%. Объем мирового производства легковых автомобилей составляет 50 млн. в год.

Автомобильный транспорт загрязняет все сферы природной среды, вклад автомобильного транспорта в загрязнение природной среды в процентах приведен ниже:

Атмосфера	50- 75
Гидросфера	5 и более
Занятость территории	До 50
Шум	60-80 и более
Вибрация	До 100

Многие страны принимают различные меры по снижению токсичности выбросов путем лучшей очистки бензина, замены его на газовое топливо, этанол, электричество. Проектируются более экономичные двигатели с более полным сгоранием горючего и практикуется создание в городах зон с ограниченным движением автомобилей. Однако за счет роста числа автомобилей загрязнение атмосферного воздуха не снижается.

Автотранспорт выбрасывает в атмосферу более 200 компонентов, среди которых оксид углерода, оксиды азота и серы, альдегиды, свинец, кадмий, канцерогенная группа углеводородов (бензапирен, бензотрацен).

Выбросы автотранспорта зависят от режима движения. Ниже приведены сравнительные данные по выбросам автомобилей в зависимости от режимов работы двигателя по Москве и США.

<i>Режим движения</i>	<i>Москва</i>	<i>США</i>
Холостой ход	22	15
Замедление	29	32
Ускорение (разгон)	18	37
Установившийся режим	12-5	16

Разгон автомобиля составляет 70- 80 % движения; установившейся режим-20-30%. Наибольшее количество токсичных веществ выбрасывается автотранспортом на малом ходу, на перекрестках перед светофорами. Так на большой скорости карбюраторный двигатель выбрасывает в атмосферу 0,05 % углеводородов от общего количества выбросов, на малом ходу- 0,98 5; оксид углерода, соответственно -5,1 и 13 %. Выбросы автомобилей зависят от вида

топлива (карбюраторное, дизельное, газовое, с добавками), технического состояния дорог, количества рекламы на дорогах.

Подсчитано, что среднегодовой пробег автомобиля 15 тысяч километров за год обедняет атмосферу на 4350 кг. кислорода и выделяет 3259 кг. углекислого газа, 530 кг. оксида углерода, 93 кг. углеводородов и 7 кг. оксидов азота.

Загрязнение атмосферного воздуха отработанными газами удобно оценивать по концентрации оксида углерода, мг/м³.

Концентрация оксида углерода оценивается по формуле

$$C_{co} = (0,5 + 0,1N * K_T) * K_A * K_C * K_Y * K_B * K_H, \quad (4.1)$$

где 0,5 - фоновое загрязнение атмосферного воздуха нетранспортного происхождения, мг/м³;

N - суммарная интенсивность автомобилей на городской дороге, авт./час;

K_T - коэффициент токсичности автомобилей по выбросам в атмосферу оксида углерода;

K_A - коэффициент, учитывающий аэрацию местности;

K_C - коэффициент, учитывающий изменение концентрации оксида углерода в зависимости от скорости ветра;

K_Y - коэффициент, учитывающий изменение загрязнения атмосферы оксидом азота;

в зависимости от величины продольного уклона;

K_B - коэффициент, учитывающий зависимость от влажности воздуха;

K_H - коэффициент, увеличения загрязнения воздуха оксидом углерода у пересечений.

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

$$K_T = \sum_{i=0}^n P_i * K_{Ti} \quad (4.2)$$

где $P_i = \frac{N_i}{N_{общ}}$ - состав автотранспорта в долях единицы ;

N_i – количество автомобилей данного типа;

N_{общ.} – общее количество автомобилей.

Значения коэффициентов, входящих в формулу (4.1) для расчета концентрации оксида углерода C_{co} приведены в табл. 4.1- 4.3.

Таблица 4.1 - Коэффициент токсичности автомобилей по выбросам в атмосферу оксида углерода и коэффициент, учитывающий аэрацию местности

Тип автомобиля	Коэффициент K_t		Тип местности по степени аэрации	Коэффициент K_A
		1	Транспортные тоннели	2,7
Легкий грузовой	2,3	2	Транспортные галереи	1,5
Средний грузовой	2,9	3	Магистральные улицы и дороги с многоэтажной застройкой с двух сторон	1,0
Тяжелый грузовой	9,2	4	Жилые улицы и дороги с одноэтажной застройкой, улицы и дороги в выемке	0,6
Автобус	3,7	5	Городские улицы и дороги с односторонней застройкой, набережные, эстакады, виадуки, высокие насыпи	0,4
Легковой	1,0	6	Пешеходные тоннели	0,3

Таблица 4.2 - Коэффициент, учитывающий зависимость от влажности воздуха, коэффициент, учитывающий изменение концентрации оксида углерода в зависимости от скорости ветра и коэффициент, учитывающий изменение загрязнения атмосферы оксидом азота

Относительная влажность воздуха	Коэффициент K_B	Скорость ветра м/с	Коэффициент K_C	Продольный уклон, градус	Коэффициент K_Y
100	1,45	1	2,70	0	1,0
90	1,30	2	2,00	2	1,06
80	1,15	3	1,50	4	1,07
70	1,00	4	1,20	6	1,18
60	0,85	5	1,05	8	1,55
50	0,75	6	1,00	10	1,86

Таблица 4.3- Коэффициент, увеличения загрязнения воздуха оксидом углерода у пересечений

Регулируемое пересечение			Нерегулируемое пересечение		
№ п/п	Тип пересечения	Коэффициент K_H	№ п/п	Тип пересечения	Коэффициент K_H
1	Со светофорами обычные	1,8	4	Со снижением скорости	1,9
2	Со светофорами управляемое	2,1	5	Кольцевое	2,2
3	Саморегулируемое	2,0	6	С обязательной остановкой	3,0

Задача.

1) Рассчитайте концентрацию оксида углерода C_{CO} , мг/м³, в атмосферном воздухе;

2) Сравнив расчетные значения концентрации с предельно допустимой концентрацией оксида углерода ПДК_{CO}= 5 мг/м³, оцените уровень загрязнения атмосферного воздуха отработанными газами автотранспорта.

Данные, необходимые для расчета, приведены в табл. 4.4, номер варианта определяется по средней цифре учебного шифра студента.

Таблица 4.4- Данные для расчета концентрации оксида углерода в атмосферном воздухе

Вариант (последняя цифра учебного шифра студента)	Тип местности	Влажн. воздуха, %	Скорость ветра, м/с	Уклон, градус	Тип пересечения	Интенсивность движения, авт/час	Состав автотранспорта				
							Легкий грузовой	Ср. грузовой	Тяжелый грузовой	Автобус	Легковой
0	1	100	1	0	1	200	20	30	30	20	100
1	2	900	2	2	2	250	30	40	40	30	110
2	3	80	3	4	3	300	40	50	50	40	120
3	4	70	4	6	4	350	50	60	60	50	130
4	5	60	5	8	5	400	60	70	70	60	140
5	6	50	6	10	6	450	70	80	80	70	150
6	1	100	2	2	1	500	80	90	90	80	160
7	2	90	3	4	2	550	90	100	100	90	170
8	4	80	4	6	3	600	100	110	110	100	180
9	4	70	5	8	4	65020	110	120	120	110	190

Практическая работа № 5

Расчет категории опасности предприятия для биосферы в зависимости от массы и номенклатуры выбрасываемых в атмосферу загрязняющих веществ и определение размеров санитарно-защитной зоны предприятия

Указания к решению задачи

В зависимости от массы и видового состава выбросов в атмосферу в соответствии с «Рекомендациями по делению предприятий на категории опасности» определяют категорию опасности предприятия по формуле:

$$КОП = \sum_{i=1}^n \left(\frac{M_i}{ПДК_i} \right)^{\alpha_i}, \quad (5.1)$$

где M_i – масса выброса i -го вещества, т/г;

$ПДК_i$ – предельная допустимая концентрация i -го вещества, мг/м³;

n – количество загрязняющих веществ, выбрасываемых предприятием;

α_i – безразмерная константа, позволяющая соотнести степень вредности i -го вещества с вредностью сернистого газа, определяется по таблице 5.1.

Таблица 5.1- Значения α_i для веществ различных классов опасности

Константа	Класс опасности			
	1	2	3	4
α_i	1,7	1,3	1,0	0,9

Значения КОП рассчитываются при условии, когда $M_i / ПДК_i > 1$. При $M_i / ПДК_i < 1$ значение КОП не рассчитываются и приравниваются нулю.

Для расчета КОП при отсутствии среднесуточных ПДК используют значение максимальных разовых ПДК, ориентировочно-безопасных уровней воздействия (ОБУВ).

Для веществ для которых отсутствует информация о ПДК или ОБВУ, значение КОП приравнивают к массе выбросов данного вещества.

По величине КОП предприятия делят на четыре категории опасности. Граничные условия для деления предприятий по категориям опасности приведены в табл. 5.2.

Таблица 5.2- Значения КОП в зависимости от категории опасности предприятий

Категория опасности предприятия	Значения КОП
1	$КОП > 10^6$
2	$10^6 > КОП > 10^4$
3	$10^4 > КОП > 10^3$
4	$КОП < 10^3$

В зависимости от класса опасности устанавливают периодичность отчетности и контроля вредных веществ на предприятии. Предприятия первой и второй категории представляют наибольшую опасность для биосферы. В этом случае тома ПДВ разрабатывают по полной программе. Предприятия третьей категории самые многочисленные. Для них тома ПДВ разрабатывают по сокращенной программе. Для предприятий четвертой категории нормативы ПДВ устанавливают на уровне фактических выбросов, а тома ПДВ могут не составляться.

Предприятия обязаны вести первичный учет видов и количества загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу, в соответствии с «Правилами охраны атмосферного воздуха».

Для обеспечения экологической безопасности населения, проживающего вблизи экологически опасных предприятий, создают санитарно-защитные зоны (СЗЗ), отделяющие жилые кварталы от предприятий.

Каждое предприятие, образующее источники загрязнений среды, должен иметь СЗЗ, размеры которой с 2003г. регламентируются СанПиН 2.2.1/2.1.1200-3. С этой целью все предприятия сгруппированы по отраслям в зависимости от выделяемых загрязнений. Имеется несколько таких групп, в каждой из которых выделяют пять классов предприятий по степени их экологической опасности.

В зависимости от класса определяют нормативный размер СЗЗ, который устанавливается с учетом мощности, условий осуществления технологического процесса, характера и количества, выделяемых в атмосферу и окружающую среду ВВ и других факторов в соответствии с санитарной классификацией предприятий. Размеры СЗЗ предприятий в зависимости от класса опасности представлены в табл. 5.3.

Таблица 5.3- Размеры СЗЗ предприятий в зависимости от класса опасности

Класс предприятия	I	II	III	IV	V
Размер СЗЗ, м	1000	500	300	100	50

Задача. Определить категорию опасности предприятия и размеры СЗЗ

На предприятии имеется 20 источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, наименования которых приведены в табл. 5.4.

Масса выбросов вредных веществ определяется по последней цифре учебного шифра студента.

Таблица 5.4- Масса выбросов вредных веществ

Вещество	ПД К м.р, мг/ м ³	ПД К с.с, мг/ м ³	ОБ УВ, мг/ м ³	Клас с опас- ност и	Выброс, т/г									
					Вариант (последняя цифра учебного шифра студента)									
					0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Оксид углерода	5,0	3,0		4	0,5 07	0,3 96	0,4 14	0,4 56	0,5 45	0,6 73	0,6 78	0,2 98	0,5 79	0,67
Диоксид азота	0,0 85	0,0 4		2	0,0 01	0,0 02	0,0 03	0,0 04	0,0 05	0,0 06	0,0 007	0,0 03	0,0 02	0,000 4
Сернист. ангидрид	0,5	0,0 5		3	0,3 5	0,0 040	0,0 045	0,5 0	0,5 6	0,0 043	0,0 6	0,2 4	0,5 6	0,67
Бензин	5,0	1,5		4	0,1 6	0,1 8	0,2 4	0,2 9	0,6 5	0,1 7	0,3 2	0,4 2	0,3 1	0,64
Аммиак	0,2	0,0 4		4	0,2 65	0,2 68	0,2 76	0,0 25	0,2 78	0,2 56	0,2 89	0,2 84	0,3 21	0,034
Трихлорэ-тилен	4,0	1,0		3	0,5 57	0,5 89	0,7 89	0,7 65	0,8 76	0,3 45	0,5 62	0,8 75	0,5 32	0,365
Ацетон	0,3 5	0,3 5		4	0,4 56	0,0 34	0,0 56	0,6 78	0,6 54	0,0 34	0,0 56	0,0 98	0,8 76	0,684
Уайт-спирит			1,0		0,1 79	0,1 99	0,2 34	0,2 16	0,2 64	0,3 46	0,5 64	0,6 52	0,4 23	0,342
Серная кислота	0,3	0,1		2	0,0 01	0,0 07	0,0 08	0,0 05	0,0 04	0,0 05	0,0 06	0,0 05	0,0 03	0,007
Ортофосфо- рная кислота			0,02		0,0 21	0,0 31	0,0 43	0,0 34	0,0 63	0,4 34	0,0 05	0,0 07	0,9 23	0,587
Дибутилф- талат			0,1		0,3 67	0,4 32	0,5 43	0,5 46	0,4 53	0,7 63	0,4 35	0,6 54	0,3 42	0,543
Марганец и его соединения	0,0 1	0,1 5		2	0,0 01	0,0 02	0,0 03	0,0 04	0,0 05	0,0 02	0,0 03	0,0 06	0,0 02	0,004
Сварочный аэрозоль	0,5	0,1 5		3	0,2 3	0,2 5	0,2 6	0,3 2	0,0 03	0,0 54	0,0 34	0,0 54	0,4 3	0,043
Взв. вещества	0,5	0,1 5		3	0,0 011	0,0 014	0,0 032	0,0 045	0,0 054	0,0 054	0,0 054	0,0 065	0,0 032	0,005 4
Пыль матерчатая, х/б	0,5	0,1 5		3	0,9 49	0,0 78	0,0 875	0,0 97	0,8 76	0,5 67	0,0 78	0,0 67	0,8 79	0,864
Пыль картона	0,5	0,1 5		3	0,5 19	0,0 53	0,0 78	0,0 78	0,5 67	0,9 87	0,7 89	0,0 56	0,0 98	0,045
Пыль стали			0,04		0,5 67	0, 23	0,1 23	0,3 45	0,0 78	0,0 89	0,8 90	0,5 67	0,8 97	0,987
Пыль древесная			0,1		0,3 08	0, 35	0,4 35	0,5 67	0,1 23	0,4 57	0,3 45	0,6 54	0,5 32	0,298
Пыль графита	0,5	0,1 5		3	0,0 09	0, 12	0,2 12	0,0 13	0,4 14	0,4 15	0,7 12	0,6 13	0,5 12	0,810

Практическая работа № 6

Расчет загрязнения поверхностных водоемов сточными водами

Указания к решению

Все сточные воды подразделяются на четыре категории:

- 1) Хозяйственно-бытовые (от жилых домов, бань, прачечных, предприятий питания и т.п.).
- 2) Производственные загрязнения.
- 3) Производственные, условно чистые (участвовавшие в производстве, но незагрязненные).
- 4) Атмосферные (ливневые, талые и от поливки улиц).

Загрязнения в производственных сточных водах подразделяются на три группы:

- I. Преимущественно минеральные примеси (предприятия машиностроительной, металлургической, угледобывающей промышленности, строительных изделий и материалов).
- II. Преимущественно органические примеси (предприятия пищевой, мясомолочной, целлюлозно-бумажной, микробиологические промышленности).
- III. Минеральные и органические примеси (предприятия нефтедобывающей, нефтеперерабатывающей, текстильной, фармацевтической промышленности).

В хозяйственно-бытовых сточных водах содержатся преимущественно органические загрязнения; они опасны возможным присутствием источников инфекции.

Загрязнения в сточных водах могут находиться в виде механических примесей, суспензий, коллоидов и растворов.

Анализ сточных вод, который проводится регулярно, позволяет установить

- Содержание растворенного кислорода;
- ХПК – химическую потребность в кислоте (величину, определяющую общую концентрацию органических веществ);
- БПК – биологическую потребность в кислороде (величину, определяющую концентрацию органических соединений, окисляемую биологическим путем);
- Концентрацию взвешенных веществ;
- Активную реакцию среды – pH;
- Интенсивность окраски;
- Степень концентрации биогенных элементов (азота, фосфора, калия и др.).

При спуске сточных вод в водоем качество воды в нем ухудшается. Однако концентрация загрязняющих веществ в нем не остается постоянной, она изменяется вследствие разбавления, а также под воздействием

биологических и физико-химических процессов. Необходимость учета различных загрязняющих компонентов природной среды предусматривает установление нормативов предельно – допустимых сбросов (ПДС) в поверхностные водоемы.

Под предельно-допустимым сбросом (ПДС) понимается масса вещества в сточных водах, максимально допустимая к отведению с установленным режимом в данном пункте водного объекта в единицу времени с целью обеспечения норма качества воды в контрольном пункте.

Расчеты качества воды необходимо проводить при проектировании новых выпусков сточных вод или очистных сооружений, водоприемников. Величина ПДС позволяет ограничить разовый выброс вредных веществ предприятия. Она определяется расчетным методом и утверждается органами Госсанэпиднадзора.

Все загрязняющие вещества при сбросе сточных вод подразделяются на две группы:

- Консервативные, которые подвергаются лишь разбавлению (соли тяжелых металлов и другие примеси);
- Неконсервативные, присутствующие в растворенном состоянии, в форме коллоидов и в виде взвесей; неконсервативные вещества кроме разбавления подвергаются химическим, физико-химическим и биологическим процессам.

Совокупность всех процессов, снижающих концентрацию и изменяющих характер загрязняющих водоемы веществ, называются процессом самоочищения водоемов.

Расчет НДС для отдельного выпуска в водоток

Наибольшее распространение при расчете ПДС получили метод Фролова-Родзиллера для водотоков. Для расчета ПДС сточных вод предварительно необходимо определить коэффициент смешения сточных и речных вод g и кратность разбавления n .

Согласно формуле В.А. Фролова - И.Д. Родзиллера коэффициент смешения стоков с водой реки определяется по формуле:

$$\gamma = \frac{1 - e^{-\alpha \times \sqrt[3]{L}}}{1 + \frac{Q}{q} e^{-\alpha \times \sqrt[3]{L}}} \quad (6,1)$$

где $e = 2,7$ — основание натурального логарифма;

α — коэффициент, учитывающий влияние гидрологических факторов смешения сточных вод:

$$\alpha = \xi \varphi \times \sqrt[3]{\frac{E}{q}}, \quad (6.2)$$

здесь ξ ; — коэффициент, зависящий от вида выпуска:

$\xi = 1,0$ — при береговом сосредоточении выпуске;

$\xi = 1,5$ - при русловом сосредоточенном выпуске;

ϕ — коэффициент извилистости русла, равен отношению длины русла по фарватеру (середине реки) к длине по прямой, соединяющей точки выпуска и контрольного створа (при прямом русле $\phi=1$).

E - коэффициент турбулентной диффузии, рассчитывается по формуле:

$$E = \frac{V_{cp} \times H_{cp}}{200}, \quad (6.3)$$

здесь V_{cp} - средняя скорость течения реки на всем участке смешения, м/с;

H_{cp} — средняя глубина реки на этом участке, м;

L — расстояние от места выпуска сточных вод до расчетного створа, м;

Q — расход воды в створе реки у места выпуска, м³/с;

q — расход сточных вод, м³/с.

Краткость разбавления стоков в расчетном створе составляет:

$$n = \frac{\gamma Q + q}{q}, \quad (6.4)$$

Величина НДС определяется для всех категорий водопользования как произведение расхода сточных вод q' , м³/ч, на допустимую концентрацию загрязняющего вещества $C_{пдс}$, г/м³, в сбрасываемых стоках:

$$ПДС = q' C_{пдс}. \quad (6.5)$$

При расчете условий сброса сточных вод сначала определяется значение $C_{пдс}$, обеспечивающее нормативное качество воды в контрольном (расчетном) створе.

Величина $C_{пдс}$ определяется по разным формулам для консервативных, взвешенных веществ и неконсервативных преимущественно органических веществ, в том числе по биохимической потребности в кислороде (БПК_{полн}).

Для определения $C_{пдс}$ консервативных веществ составляем уравнение материального баланса:

$$\gamma Q C_{\phi}^i + C_{пдс}^i = (\gamma Q + q) C_{см}^i. \quad (6.6)$$

Учитывая, что

$$\frac{C_{см}^i}{C_{пдс}^i} = 1, \quad n = \frac{\gamma Q + q}{q} \quad (6.7)$$

где $C_{см}^i$; — концентрация i -го вещества в контрольном створе;

$C_{пдс}^i$ — предельно - допустимая концентрация i -го вещества.

Уравнение (6.6) преобразуется к следующему виду:

$$C_{пдс} = n(C_{пдс} - C_{\phi}) + C_{\phi}, \quad (6.8)$$

Уравнение (6.8) является основной формулой для расчета $C_{пдс}$ консервативных веществ.

Величина $C_{пдс}$ для взвешенных веществ согласно «Правилам охраны поверхностных вод от загрязнений сточными водами» определяется исходя из условия, что содержание взвешенных веществ по сравнению с природным $C_{ф}$ не должно увеличиваться более, чем на $\Delta C = 0,25$ мг/л, при условии, что

$$\frac{C_{см}}{C_{ПДС}} = 1 \quad \text{или} \quad C_{см} = C_{ПДС},$$

$$\text{т. е. } С_{пдс} = n(C_{пдс} - C_{\phi}) + C_{\phi} = n \times \Delta C + C_{\phi}. \quad (6.9)$$

Биохимическая потребность в кислороде (БПК_{полн}, мг/л или г/м³) — показатель, характеризующий степень загрязненности сточных вод органическими веществами; она количеством кислорода, потребляемого на биохимическое отщепление органических веществ в процессе жизнедеятельности аэробных бактерий.

При установлении С_{пдс} по БПК_{полн} расчетная формула имеет вид:

$$C_{ПДС} = n[(C_{ПДС} - C_{см})e^{kt} - C_{\phi}] + C_{\phi}, \quad (6.10)$$

где $C_{см}$ = БПК_{полн} - концентрация, обусловленная органическими веществами, смываемыми в водоток атмосферными осадками с площади водосбора на последнем участке пути перед контрольным створом длиной 0,5суточного пробега.

Величина $C_{см}$ = БПК_{полн} принимается:

- для горных рек $C_{см} = [0,6 \text{ — } 0,8] \text{ г/м}^3$;
- равнинных рек, протекающих по территории, почва которой содержит небольшое количество органики, $C_{см} = [1,7 \text{ — } 2,0] \text{ г/м}^3$;
- рек болотного питания или протекающих по территории, с которой смывается повышенное количество органических веществ, $C_{см} = [2,3 \text{ — } 2,5] \text{ г/м}^3$;
- на расстояниях, меньших 0,5 суточного пробега $C_{см} = 0$.

k - усредненное значение коэффициента не консервативности органических веществ, обуславливающих БПК_{полн} фона сточных вод, 1/сут;

$k_0 = 0,0651/\text{сут}$.

Время добегания t (с) от места выпуска сточных вод до расчетного створа определяется по формуле:

$$t = \frac{L}{V_0}. \quad (6.11)$$

Для расчета по формуле (6.10), определяющей величину С_{пдс}, время t , выраженное в секундах, переводится в сутки; коэффициент перевода составляет 1/86400.

При установлении С_{пдс} с учетом не консервативности загрязняющего вещества расчетная формула имеет вид

$$C_{ПДС} = n(C_{ПДС} \times e^{kt} - C_{\phi}) + C_{\phi}, \quad (6.12)$$

Полученные значения С_{пдс} для каждого типа загрязняющего вещества подставляются в вышеприведенную формулу ($ПДС = q' \times C_{ПДС}$), откуда и определяется величина ПДС.

Необходимая степень очистки Э для очистных сооружений находится по формуле:

$$\Xi = \frac{C_{\text{пост}} - C_{\text{ПДС}}}{C_{\text{пост}}} \times 100\%, \quad (6.13)$$

где $C_{\text{пост}}$ - концентрация вещества, поступающая на очистные сооружения;

$C_{\text{ПДС}}$ - концентрация вещества в спускаемых в водоем очищенных сточных водах, обеспечивающая нормативное качество воды в контрольном створе.

Задача. Сброс сточных вод осуществляется в реку, среднемесячный расход, которой при 95% обеспеченности составляет по данным гидрометеорологической службы — Q . Средняя скорость течения на участке от выпуска до расчетного створа равна $V_{\text{ср}}$. Средняя глубина реки $H_{\text{ср}}$.

Участок прямой, извилистость выражена слабо (рис 6.1). Выпуск сточных вод осуществляется с расходом q . Выпуск береговой или русловый (по варианту). Расстояние от места выпуска до расчетного створа по фарватеру $L_{\text{ф}}$.

Река используется в качестве источника централизованного водоснабжения и содержит фоновые концентрации взвешенных частиц:

- 1) $C_{\text{ф}}^{\text{взв}}$, 2) БПК_ф, 3) железа $C_{\text{ф}}^{\text{Fe}}$, 4) хлоридов $C_{\text{ф}}^{\text{Cl}}$, 5) сульфатов $C_{\text{ф}}^{\text{SO}_2}$.

Концентрация взвешенных частиц в сточных водах, поступающих на очистную станцию равна C . Содержание органических веществ равно БПК_{полн}.

Определить по методу Фролова-Родзиллера:

1. Коэффициент смешения сточных вод с водой в реке γ и кратность разбавления стоков в расчетном створе.
2. ПДС веществ (железа, хлоридов, взвешенных частиц, органических веществ), поступают в водный объект со сточными водами.
3. Необходимую степень очистки Ξ проектируемых очистных сооружений:

- по взвешенным веществам;
- по БПК.

Все данные необходимые для расчетов приведены в табл.6.1 — 6.3.

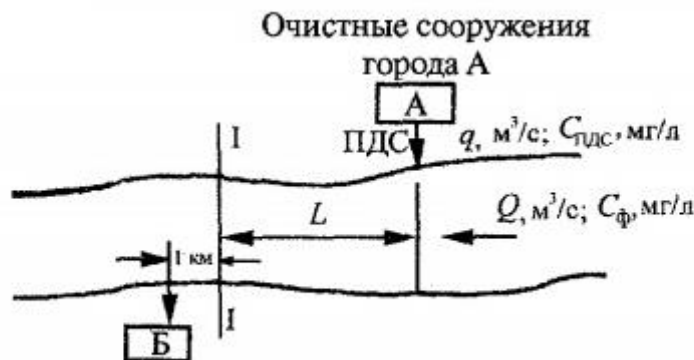


Рис. 8.1

Таблица 6.1- Данные для расчета предельно допустимого сброса сточных вод в реку

Показатели состава сточных вод	Концентрация вещества, г/м ³	ПДС, кг/ч	Необходимая степень очистки Э, %
Взвешенные вещества	8,15	17,6	96,0
Органические вещества (БПК _{полн})	17,1	36,9	93,2
Железо Fe	3,65	7,9	-
Хлориды Cl	3250	7020	-

Таблица 6.2- Предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в воде и водных объектах

Наименование	ПДК, мг/м ³	
	Водоемы коммунально-бытового, хозяйственного значения	Водоемы рыбохозяйственного значения
Взвешенные вещества	+0,75 +0,25 к фону	+0,25 к фону
Растворенный кислород (не менее)	4	6
БПК _{полн}	6/3	3
ХПК	30/15	15
Хлориды	350	300
Железо	0,3	0,1
Нефтепродукты	0,3	0,05

Таблица 6.3- Исходные данные для решения задачи

Перечень данных	Вариант (последняя цифра учебного шифра студента)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Расход воды в реке, Q , $\text{м}^3/\text{с}$	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48
Расход сточных вод, q , $\text{м}^3/\text{с}$	0,5	0,52	0,54	0,56	0,58	0,64	0,62	0,64	0,66	0,68
Скорость потока воды в реке, V_{cp} , м/с	0,5	0,52	0,54	0,56	0,58	0,64	0,62	0,64	0,66	0,68
Глубина реки при минрасходе, H_{cp} , м	1,2	1,25	1,30	1,32	1,34	1,36	1,38	1,40	1,42	1,44
Расстояние от выпуска до расчетного створа, L , км	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8
Вид выпуска	береговой					русловой				
Расстояние по форватуру до расчетного створа, L , км	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8
Количество кислорода, растворенного в воде, C_{ϕ} , мг/л	6,0	6,2	6,4	6,6	6,8	6,0	6,2	6,4	6,6	6,8
Количество загрязнений в воде водоема по БПК ₅ , C_{ϕ} , мг/л	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
Вариант (последняя цифра учебного шифра студента)										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Количество взвешенных веществ в воде водоема, C_{ϕ} , мг/л	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6
Фоновая концентрация загрязняющих веществ в воде водоема, C_{ϕ} , мг/л										
Хлориды Cl^-	300	150	200	300	150	200	300	150	200	300
Железо Fe^+	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4
Концентрация взвешенных веществ в сточных водах, поступающих на очистную станцию, мг/л	200	250	240	300	200	250	240	300	250	300
Концентрация загрязняющих веществ в сточных водах, поступающих на очистную станцию по БПК ₅ , мг/л	250	300	280	350	250	300	300	350	300	350

Пример выполнения задания 6.1

Исходные данные (см. рис. 6.1);

- сброс сточных вод осуществляется в реку, среднемесячный расход которой при 95% обеспеченности составляет $Q = 30 \text{ м}^3/\text{с}$;
- средняя скорость течения реки на участке от выпуска до расчетного створа $V_{\text{ср}} = 0,64 \text{ м/с}$;
- средняя глубина реки $H_{\text{ср}} = 1,2 \text{ м}$; участок реки прямой, извилистость выражена слабо;
- выпуск сточных вод береговой, производится с расходом $q = 0,6 \text{ м}^3/\text{с}$;
- расстояние от места выпуска до расчетного створа по фарватеру $L_{\text{ф}} = 3,5 \text{ км}$;
- река используется в качестве источника центрального водоснабжения и содержит:

- фоновые концентрации взвешенных веществ $C_{\text{ф}}^{\text{изв}} = 5 \text{ мг/л}$,
 $\text{БПК}_{\text{ф}} = 1,8 \text{ мг/л}$;

- концентрации:
 - 1) железа $\square_{\text{ф}}^{\square\square} = 0,01 \text{ г/м}^3$,
 - 2) хлоридов $\square_{\text{ф}}^{\square\square} = 100 \text{ г/м}^3$,
- концентрация взвешенных веществ в сточных водах, поступающих на очистную станцию, $C = 200 \text{ мг/л}$,
- содержание органических веществ, выраженных БПК_{полн} $= 250 \text{ мг/л}$.

Требуется определить:

1. Коэффициент смешения сточных вод с водой реки и кратность разбавления стоков в расчетном створе.
2. ПДС веществ, поступающих в водный объект со сточными водами.
3. Необходимую степень очистки по взвешенным веществам БПК для проектируемых очистных сооружений.

Пример выполнения задания:

1. Определение коэффициента смешения сточных вод с водой реки и кратности разбавления стоков в расчетном створе:

$$E = \frac{0,64 \times 1,2}{20} = 0,00384;$$

$$a = 1 \times 1 \times \sqrt[3]{\frac{0,00384}{0,6}} = 0,185;$$

$$e^{-a\sqrt[3]{\square}} = 2,7^{-0,185\sqrt[3]{3500}} = 0,061;$$

$$\alpha = \frac{1 - 0,061}{1 + \frac{30}{0,6} \times 0,061} = 0,232;$$

$$\alpha = \frac{0,232 \times 30 + 0,6}{0,6} = 12,6.$$

2. Определение ПДС веществ, поступающих в водный объект со сточными водами.

Величина ПДС для железа при $C_{\text{ПДК}}^{\text{Fe}} = 0,3 \text{ г/м}^3$ равна:

$$C_{\text{ПДК}}^{\text{Fe}} = 12,6 (0,3 - 0,01) + 0,01 = 3,664 \text{ г/м}^3;$$

$$\text{ПДС}^{\text{Fe}} = 0,6 \times 3600 \times 3,664 = 7914 \text{ г/ч} = 7,9 \text{ кг/ч}.$$

Величина ПДС для хлоридов при $C_{\text{ПДК}}^{\text{Cl}} = 350 \text{ г/м}^3$ равна:

$$C_{\text{ПДК}}^{\text{Cl}} = 12,6 (350 - 100) + 100 = 3250 \text{ г/м}^3;$$

$$\text{ПДС}^{\text{Cl}} = 0,6 \times 3600 \times 3250 = 7020000 \text{ г/ч} = 7020 \text{ кг/ч}.$$

Величина ПДС для взвешенных веществ составит.

$$C_{\text{ПДС}}^{\text{изв.в}} = 12,6 \times 0,25 + 5 = 8,15 \text{ мг/л} = 8,15 \text{ г/л}^3.$$

$$\text{ПДС}_{\text{изв.в}} = 8,15 \times 0,6 \times 3600 = 17604 \text{ г/ч} = 17,6 \text{ кг/ч}.$$

Время добегания от места выпуска сточных вод до расчетного створа равно:

Поскольку время добегания меньше 0,5 сут., $C_{\text{п.н.}} = 0$.

Величина ПДС для органических веществ (по БПК_{полн.}) составляет:

$$\begin{aligned} C_{\text{ПДС}}^{\text{БПК}} &= \alpha [(3 - 0) \alpha^{0,0\alpha} - \alpha_{\phi}] + C_{\phi} = 12,6 (3 \times e^{0,065 \times 0,06} - 1,8) + 1,8 \\ &= 12,6 (3 \times 1,005 - 1,8) + 1,8 = 17,1 \frac{\text{г}}{\text{м}^3}, \end{aligned}$$

где $C_{\text{ПДС}}^{\text{БПК}} = 17,1 \text{ мг/л}$ - предельно-допустимое содержание органических веществ (по БПК_{полн.}) в спускаемых в водоем сточных водах.

$$\text{ПДС}^{\text{БПК}} = 0,6 \times 3600 \times 17,1 = 36936 \text{ г/ч} = 36,9 \text{ кг/ч}.$$

3. Необходимая степень очистки по ВПК составляет:

$$\Xi = [(250 - 17,1) / 250] \times 100 = 93,16\% \approx 93,2\%.$$

Необходимая степень очистки по взвешенным веществам составит:

$$\Xi = [(200 - 8,15) / 200] \times 100 = 95,92\% \approx 96\%.$$

ПДС поступающих в водный объект со сточными водами загрязняющих веществ, и необходимая степень очистки по взвешенным веществам и БРК см. табл. 6.1.

Значения ПДК для загрязняющих веществ см. табл. 6.3.

Практическая работа № 7

Расчет загрязнения почвы при использовании в качестве удобрения осадка, образовавшегося при очистке сточных бытовых вод

Указания к решению задачи

Обезвоживание осадков бытовых сточных вод производят на специально спланированных участках – так называемых *картах* или *иловых кладбищах*. После термической сушки осадок используется в качестве удобрения при выращивании сельскохозяйственных культур.

Расчет массы и объема осадка, образовавшегося после очистки бытовых сточных вод, который допустимо использовать в качестве удобрения для сельскохозяйственного объекта, производят в следующей последовательности: Составляется уравнение материального баланса, исходя из условия равномерного смешивания осадка с плодородным слоем почвы

$$C_{\phi} * M + C_{oc} * m = C_{см} * (M + m), \quad (7.1)$$

где C_{ϕ} – фоновая концентрация i -го вещества в почве, мг/кг почвы;

M – масса плодородного слоя почвы, кг;

C_{oc} – концентрация i -го вещества в осадке, мг/кг осадка;

m – масса осадка, кг;

$C_{см}$ – концентрация i -го вещества в почве после смешивания ее с осадком, мг/кг почвы.

Для того, чтобы осадок можно было использовать в качестве удобрения, необходимо соблюдение следующего основного условия:

$$C_{см} < ПДК, \quad (7.2)$$

где ПДК – предельно-допустимая концентрация i -го вещества в почве, мг/кг почвы.

Определение объема W и массы M плодородного слоя почвы на участке проводится по формулам:

$$W = HS, \quad (7.3)$$

где H – мощность почвенного слоя, м;

S – площадь сельскохозяйственного участка, м².

$$M = W \rho_{п}, \quad (7.4)$$

где $\rho_{п}$ – плотность почвы, т/м³.

Масса осадка m , подлежащего размещению на сельскохозяйственном участке, определяется по формуле материального баланса (7.1):

$$m = \frac{M * (C_{см} - C_{\phi})}{C_{oc} - C_{см}}. \quad (7.5)$$

Максимальный объем осадка V , предназначенного для размещения на участке, составит:

$$V = \frac{m}{\rho_{oc}}, \quad (7.6)$$

где ρ_{oc} – плотность осадка, т/м³.

Высота осадка будет равна:

$$h = \frac{V}{S} \quad (7.7)$$

Задача. Определить массу осадка, образовавшегося после очистки бытовых сточных вод, который допустимо использовать в качестве удобрения для сельскохозяйственного объекта с учетом того, что в осадке содержится четыре загрязняющих вещества (медь, ванадий, нитраты и марганец).

Данные, необходимые для расчетов приведены в таблице 7.1 – 7.2.

Значения ПДК загрязняющих веществ приведены в таблице 7.2.

Таблица 7.1- Данные для расчета массы и объёма осадка, который можно использовать в качестве удобрения на сельскохозяйственных полях

Перечень данных	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Площадь участка S, га	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Мощность почвенного слоя, рп, т/м ³	1,51	1,52	1,53	1,55	1,60	1,62	1,63	1,65	1,60	1,55
Фоновое содержание меди в почвенном слое, C_{ϕ}^{Cu} , мг/кг почвы	0,3	0,2	0,4	0,3	0,2	0,6	0,8	0,6	0,8	0,5
Фоновое содержание марганца в почвенном слое, C_{ϕ}^{Mn} , мг/кг почвы	300	200	250	300	250	500	400	370	450	400
Фоновое содержание нитратов в почвенном слое, C_{ϕ}^{NO} , мг/кг почвы	50	35	30	40	45	70	95	80	70	90
Фоновое содержание ванадия в почвенном слое, C_{ϕ}^{Va} , мг/кг почвы	60	50	55	60	50	100	120	140	100	120
Плотность осадка рос, т/м ³	1,20	1,22	1,25	1,30	1,35	1,40	1,42	1,30	1,25	1,35
Содержание меди в осадке, C_{oc}^{Cu} , г/м ³	14	15	18	14	20	30	35	40	35	30

Продолжение таблицы 7.1

Содержание марганца в осадке, C_{oc}^{Mn} , г/м ³	1800	1600	2000	1800	1600	3000	2800	3200	3000	2800
Содержание нитратов в осадке, C_{oc}^{NO} , г/м ³	500	400	300	450	400	1200	1400	1500	1400	1200
Содержание ванадия в осадке, C_{oc}^{Va} , г/м ³	700	650	600	500	550	1300	1400	1500	1600	1400

Таблица 7.2- Предельно-допустимые концентрации загрязняющих веществ в почве

Наименование ингредиента	ПДК, мг/кг почвы
Ванадий	150
Марганец	1000
Медь	3,0
Нитраты	130

Пример выполнения задания 7

Осадок, образовавшийся при очистке бытовых сточных вод, содержит медь в концентрации 13,2 г/мг³, плотность осадка $\rho_{oc}=1,2$ т/м³.

Плодородный слой участка представлен серыми лесными почвами суглинистого механического состава мощностью 0,2м и плотностью 1,5 т/м³.

Фоновая концентрация меди в почве по данным санитарно-эпидемиологической службы (СЭС) равна 0,3 мг/кг почвы.

Предельно-допустимая концентрация меди в почве приведена в табл.7.2.

Требуется определить массу и объем осадка, который допустимо использовать в качестве удобрения для сельскохозяйственного объекта на площади 0,5 га (см. рис. 7.1)

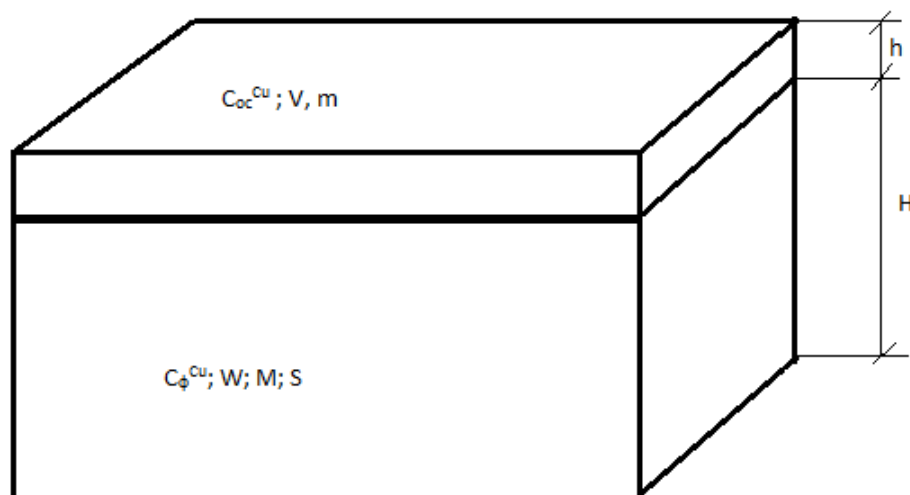


Рисунок 7.1 - Схема размещения осадка на почвенном слое

1. Для использования осадка сточных вод в качестве удобрения, необходимо, чтобы концентрация меди в почве после смешивания ее с осадком не превышала ПДК:

$$C_{CM} = \text{ПДК} = 3 \text{ мг/кг почвы.}$$

2. Объем и масса плодородного слоя почвы на участке площадью 0,5 га составят:

$$W = 0,2 \cdot 5000 = 1000 \text{ м}^3, \\ M = 1000 \cdot 1,5 = 1500 \text{ т.}$$

3. Для определения массы осадка по уравнению материального баланса (7.1) необходимо найти концентрацию меди из расчёта на килограмм осадка:

$$C_{OC} : p_{OC} = 13200 : 1200 = 11 \text{ мг/кг осадка.}$$

4. Масса осадка, подлежащего размещению согласно уравнению (7.5) на участке, равна:

$$m = \frac{1500000 \cdot (3 - 0,3)}{(11 - 3)} = \frac{1500000 \cdot 2,7}{8} = 506250 \text{ кг} = 506,25 \text{ т.}$$

5. Максимальный объем осадка, который может быть размещен на площади 0,5 га, составит:

$$V = \frac{506,25}{1,2} = 421,8 \text{ м}^3.$$

6. Высота слоя осадка равна

$$h = \frac{421,8}{5000} = 0,084 \text{ м} = 8,4 \text{ см}$$

Задача. Определить массу и объем осадка, образовавшегося после очистки бытовых сточных вод, который допустимо использовать в качестве удобрения для сельскохозяйственного объекта с учетом того, что в осадке содержатся четыре загрязняющих вещества (медь, ванадий, марганец и нитраты).

Данные, необходимые для расчетов приведены в таблице 7.1 – 7.2.

Значения ПДК загрязняющих веществ приведены в таблице 7.2.

Практическая работа № 8

Определение ущерба, наносимого отдельным предприятием, здравоохранению.

Указания к решению задачи

Ущерб здравоохранению - количество денежных средств, выделяемых здравоохранением на лечение, профилактику заболеваний, обусловленных влиянием техногенного загрязнения окружающей среды. Ущерб, наносимый отдельным предприятием при выбросе пыли, диоксида серы, оксида углерода, определяется по валовым выбросам.

Для расчетов загрязнений район, находящийся возле предприятия, делится на 4 зоны. Число зон зависит от объема выбросов (табл. 10.1)

Ущерб, наносимый здравоохранению, определяют по формуле:

$$Y = M_{\text{пыли}} \times \left(\sum_{i=1}^n Y_{y_i} \times \chi_i \times K_{z_i} \right) + \square_{\square\square_2} \times \left(\sum_{i=1}^n Y_{y_i} \times \chi_i \times K_{z_i} \right) + \square_{\square\square_2} \times \left(\sum_{i=1}^n Y_{y_i} \times \chi_i \times K_{z_i} \right),$$

Где $M_{\text{пыли}}$ - количество выбросов пыли;

$\square_{\square\square_2}$ - количество выбросов диоксида серы;

$\square_{\square\square_2}$ - количество выбросов оксида углерода;

Y_{y_i} - удельный ущерб, наносимый здравоохранению в зависимости от зоны;

χ_i - численность населения в зоне;

K_{z_i} - коэффициент по зонам в зависимости от высоты источника выбросов.

Таблица 8.1- Число зон в зависимости от объема выбросов вредных веществ

Количество выбросов, тыс. т/год			Число зон	Радиусы зон, м
Пыль	SO ₂	CO		
0-5	0-1	0-10	1	1000
6-20	2-5	11-30	2	1800
21-50	6-10	31-70	3	3000
51-125	11-30	71-150	4	5000

Таблица 8.2- Коэффициент зависимости от высоты источника выброса, K_{z_i}

Высота источника выбросов, м	Коэффициент K_{z_i} по зонам			
	1	2	3	4
0-15	10	1,5	0,4	0,15
16-40	4	1,3	0,9	0,5
41-80	1	1	1	1
81-150	0,6	0,7	0,8	0,9
151-220	0,2	0,3	0,5	0,7
221-300	0,05	0,15	0,3	0,6

Таблица 8.3- Удельный ущерб здравоохранению, наносимый газопылевыми выбросами в год, руб./1000 чел.

Количество выбросов, тыс. т/год			Удельный ущерб, $У_{\text{г}}$			
$M_{\text{пыли}}$	SO_2	CO_2	1	2	3	4
0-5			415	-	-	-
6-20			405	243	-	-
21-50			390	235	152	-
51-125			373	224	145	93
	0-1		330	-	-	-
	2-5		328	197	-	-
	6-10		326	196	127	-
	11-30		324	195	126	81
			180	-	-	-
			175	105	-	-
			172	104	67	-
			166	100	65	41

Задача. Определить ущерб, наносимый здравоохранению газопылевыми выбросами одиночного источника.

Данные для расчетов приведены в табл. 8.4.

Номер варианта определяется по последней цифре учебного шифра студента.

Таблица 8.4- Исходные данные

Вариант (последняя цифра учебного шифра студента)	Количество выбросов тыс. т/год			Численность населения по зонам, тыс.				Высота трубы
	$M_{\text{пыли}}$	SO_2	CO_2	1	2	3	4	
0	4	10	150	1	2	1,3	1,5	15
1	12	1	45	0,6	1	3	0,3	200
2	10	7	60	1,5	3,1	0,9	0,7	18
3	5	14	90	2	5,2	0,6	5	300
4	8	11	43	6	4,2	1	2,5	56
5	21	29	86	2,3	6,4	4,3	1,3	49
6	34	5	12	4,5	1,3	4,2	4,0	158
7	45	15	74	1,2	0,9	1,6	5,5	123
8	32	18	50	6,1	0,5	1,5	1,3	97
9	67	28	10	0,9	4	5,6	2,2	58

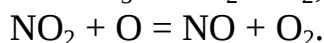
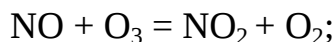
Задачи для самостоятельного решения

1. В результате выброса пыли из заводской трубы образовалось аэрозольное облако, которое через 8 суток с дождями попало на землю. Какой путь пройдет облако, если ветер дул со скоростью 2, 5, 10, 15 м/с.
2. Оцените экономические последствия от разлива нефти в результате аварии танкера, если из пробоины вытекло 10, 20, 30 и 40 тыс. тонн нефти:
 - а) рассчитайте площадь морской поверхности, покрытой нефтью;
 - б) определите количество морской воды, лишенной кислорода, если 1000 тонн нефти покрывает площадь в 20 км^2 ; если 1 кг нефти закрывает доступ кислорода в 40 м^3 морской воды.
3. Определите, во сколько раз меньше червей живет на 5 сотках на глинистых и кислых почвах по сравнению с супесчаными и суглинистыми почвами, если в суглинистых и супесчаных почвах численность червей обычно составляет 450 особей на 1 м^2 , в глинистых почвах - 255 особей, а в кислых почвах - 25 особей на 1 м^2 .
4. Ученые полагают, что если не предпринять срочных мер по нормализации экологической обстановки, то на Земле в результате деятельности человека к 2030 году исчезнет 20000 видов особей в год. Сколько видов будет исчезать каждый час?
5. Рассчитайте необходимое количество навозно-лигнинового компоста для снижения радиоактивности растений, исходя из нормы внесения компоста под пропашные культуры 70 т/га.
Расчеты выполните для 3, 7, 15 суток.
6. Рассчитайте время (t), которое требуется для снятия слоя плодородной почвы (V) и перемещения ее в отвал при вскрытии месторождения железной руды. Площадь карьера (S) - 1000 м^2 . Толщина слоя плодородной почвы (h) - 20 см. Почва вывозится самосвалом с объемом кузова (V) - 8 м^3 . На 1 рейс (t_1) самосвал тратит: 15 мин., 30 мин., 1 час.
7. Какое минимальное количество деревьев необходимо посадить, чтобы обезвредить промышленные выбросы углекислого газа в атмосферу? За одни сутки выбрасывается 3, 12, 24, 48 тонн ядовитой окиси углерода (угарного газа), а 1 дерево перерабатывает за одни сутки 2,5 кг ядовитой окиси углерода.
8. Ртутный термометр разбился, и его бросили в пруд. В нем содержится примерно 20 г ртути. В воде растворилось 5% ртути в виде образовавшихся солей. Найдите концентрацию ртути (K), если размеры пруда (длина, ширины и глубина): $20 \times 20 \times 1 \text{ м}$, и $30 \times 5 \times 1,5 \text{ м}$. Сравните полученную концентрацию ртути с ПДК.
Примечание: $K = m/V$, $P = K/\text{ПДК}$, ПДК ртути - $0,01 \text{ г/м}^3$,
где m - масса растворившейся ртути;
V - объем пруда.

9. Водитель в гараже с закрытыми воротами решил проверить работу двигателя. Через сколько времени после включения двигателя концентрация угарного газа в гараже станет равной ПДК? Через сколько времени концентрация станет 210 мг/м^3 . Размеры гаража $3 \times 5 \times 2 \text{ м}$, $3 \times 6 \times 3 \text{ м}$.
- Примечание: $t = m / Q_{\text{CO}}$, $m = K \cdot V$,
 где t - время;
 m - масса угарного газа в гараже;
 Q_{CO} - скорость заполнения гаража угарным газом (30 г в мин);
 K - ПДК (3 мг/м^3);
 V - объем гаража.
10. Известно, что зеленые насаждения уменьшают количество пыли в воздухе. Над 40 км^2 леса в воздухе находится около 50 т. пыли, а над такой же поверхностью безлесного пространства в 12 раз больше. Сколько тонн пыли находится на 40 км^2 безлесного пространства?
11. Сколько кубических метров воздуха очищает лес площадью 50 га за 10 лет, если известно, что 1 га лесного массива за год очищает от пыли и углекислого газа 18 млн. м^3 воздуха?
12. В 1 м^3 городского воздуха содержится около 5000 микробов. Сколько микробов содержится в 1 м^3 лесного массива, если известно, что здесь их содержание меньше в 9-12 раз?
13. Известно, что 50 м^2 зеленого леса поглощают за 1 час углекислого газа столько же, сколько его выделяет при дыхании за 1 час один человек, т.е. 40 г. Сколько углекислого газа поглощает 1 га зеленого леса в час? Сколько человек могут выдыхать этот углекислый газ за тот же час?
14. 1 га лиственных деревьев задерживает за год 250 т пыли, а хвойных – на 85% меньше. Сколько пыли задерживает за год гектар хвойных деревьев?
15. 1 га двадцатилетнего сосняка поглощает в год 9 т углекислого газа, а 60-летнего – на 44% больше; 80-летнего же на 15% меньше, чем 60-летнего. Сколько углекислого газа поглощает 1 га 80-летнего соснового леса?
16. Зеленые насаждения уменьшают силу городского шума. Какой силы будет шум от транспорта в жилом доме, если на проезжей части он равен 90 децибелам, а дорогу к этому дому огораживает полоса хвойных насаждений, снижая шум на 25%?
17. Подсчитайте, сколько дней бактерии могут сохранять свою жизнь в виде спор, если известно, что споры холеры выдерживают неблагоприятные условия 2 дня, чумы – в 4 раза дольше, тифа – в 30 раз дольше, туберкулеза – в 150, а сибирской язвы – в 1826 раз.
18. Подсчитайте, сколько бактерий содержится в 1 м^3 воздуха, если известно, что в морском воздухе содержится всего 1, в городском воздухе – в 400 раз больше; на улице города – в 12 раз больше, чем в парке; в непроветриваемой комнате – в 56 раз больше, чем на улице

города; на скотном дворе – в 7 раз больше, чем в непроветриваемой комнате. Сколько бактерий содержится в 1 м³ воздуха непроветриваемой комнаты?

19. По норме на каждого ученика в классе должно приходиться не менее 4,4 м³ воздуха. Сколько (по норме) учащихся можно разместить в классной комнате, длина и ширина которой вместе составляют 14,4 м, причем ширина в 1,4 раза меньше длины, а высота в 1,5 раза меньше ширины?
20. По нормам ВОЗ предельно допустимая концентрация (ПДК) нитратов для человека в сутки – 3,05 мг/кг. Подсчитайте, сколько мг нитратов является нормой для вашего организма.
21. По оценкам специалистов безвозвратное водопотребление составляет около 1% устойчивого стока пресных вод. Сколько воды безвозвратно теряется каждый год, если годовой сток пресных вод составляет около 15 тыс. км³?
22. Космический корабль выбрасывает в атмосферу 7 тонн оксидов азота. 1 молекула оксида азота уничтожает 10 молекул озона. Взаимодействие идет по реакциям:



Рассчитайте, сколько тонн озона уничтожит такой выброс оксидов азота, если в реакциях участвуют все выброшенное кораблем вещество.

23. При анализе на содержание аэрозоля серной кислоты в атмосферном воздухе были получены следующие данные: скорость аспирации воздуха 6 л/мин, время аспирации – 15 минут, содержание серной кислоты в пробе 40 мкг. Условия отбора проб: фильтры АФАХА, электроаспиратор, температура – 20 °С, давление 769 мм рт. ст. Определить концентрацию аэрозоля серной кислоты в исследуемом воздухе. ПДК тумана серной кислоты - 1 мг/м³. Ответ: 0,0285 мг/м³
24. Для определения разовой концентрации диоксида азота исследуемый воздух со скоростью 0,3 л/мин в течение 35 минут протягивают через поглотительный прибор с пористой пластинкой, содержащей 5 мл поглотительного раствора (реактив Грисса - Илосвая). Результаты анализа показали, что в пробе содержание диоксида азота составило 1,5 мкг. Рассчитать разовую концентрацию диоксида азота в исследуемом воздухе, если отбор пробы проводился при 15 °С и давлении 100 Кпа. Ответ: 0,152 мг/м³.
25. При анализе воздуха на содержание озона использовалась реакция взаимодействия его с ионами двухвалентного железа в кислой среде. Исследуемый воздух аспирировался в течение 40 минут со скоростью 0,5 л/час. Эквивалентное содержание озона в пробе составило 2,82 мкг. Рассчитать концентрацию озона в исследуемом воздухе, если отбор пробы проводился при 18 °С и давлении 105,6 Кпа. Ответ: 8,81 мг/м³.
26. Определение оксида углерода в атмосферном воздухе основано на восстановлении оксидом углерода аммиачных растворов оксида серебра

- и последующем колориметрическом определении окрашенных растворов. При анализе пробы воздуха получены следующие данные: содержание СО составило 0,75 мг; скорость отбора пробы - 0,5 л/мин; время аспирации - 12 минут; температура воздуха - 19,5°C; атмосферное давление - 745 мм рт. ст. Рассчитать степень загрязненности воздуха, если ПДК для СО 20 мг/м³. Ответ: 0,13 мг/м³.
27. Анализ проб воздуха на содержание фтора проводится по реакции с метиловым красным. ПДК фтора в воздухе 0,15 мг/м³. Проба атмосферного воздуха протягивалась через поглотительный прибор со скоростью 10 л/час. Ослабление окраски поглотительного раствора произошло через 5 минут. Содержание фтора в пробе составило 3,8 мкг. Определить степень загрязненности воздуха, если отбор проб проводился при температуре 20°C и давлении 98,5 Кпа. Ответ: 5,06 мг/м³.
28. Определение тетраэтилсвинца в атмосферном воздухе основано на реакции с диэтилоом. ПДК тетраэтилсвинца в воздухе 0,005 мг/м³. Исследуемый воздух со скоростью 3 л/мин в течение 2 часов протягивают через поглотители для кипящего слоя. Содержание свинца в пробе составило 4 мкг. Коэффициент пересчета свинца на тетраэтилсвинец равен 1,56. Определить загрязненность воздуха тетраэтилсвинцом, если отбор проб проводился при температуре 17°C и давлении 766 мм рт. ст. Ответ: 0,018 мг/м³.
29. При анализе атмосферного воздуха на содержание кадмия, отбор проб проводился при температуре 23°C и давлении 99 Кпа. Исследуемый воздух протягивали со скоростью 10 л/мин в течение 3 минут через укрепленный в патроне перхлорвиниловый фильтр. Анализ основан на способности иодидного комплексного аниона кадмия давать малорастворимые соединения с трифенилтетразолийхлоридом. Концентрация кадмия в пробе составила 7,0 мкг. Определить загрязненность воздуха кадмием, если ПДК кадмия в воздухе составляет 0,1 мг/м³. Ответ: 0,259 мг/м³.
30. ПДК селена в воздухе составляет 2 мг/м³. Метод основан на реакции селена (IV) с 3,3'-диаминобензидином, экстрагировании образующегося желтого комплекса монопиразоселена и измерении оптической плотности экстракта. Исследуемый воздух со скоростью 20 л/мин в течение 25 минут протягивают с помощью автомобильного аспиратора через укрепленный в патроне фильтр АФА-В-18. Содержание селена, определенное по градуировочному графику составило 1,7 мкг. Рассчитать концентрацию селена в исследуемом воздухе, если отбор проб проводился при температуре 20,5°C и давлении 753 мм рт. ст. Ответ: 0,0037 мг/м³.
31. На нефтеперерабатывающем заводе произошел аварийный сброс нефтепродуктов в количестве 500 кг в ближайшее озеро. Выживут ли рыбы, обитающие в озере, если известно, что примерная масса воды в

озере 10000 т., а токсическая концентрация нефтепродуктов для рыб составляет 0,05 мг/л. Ответ: $c = 50$ мг/л, что в 1000 раз превышает ПДК.

32. По имеющимся данным при жарке 1 кг мяса в воздух попадает 190×10^{-6} мг/м³ бенз(а)пирена, 100 г полукопченой колбасы содержит от 120 до 450×10^{-6} мг/м³, окорока – до 3000×10^{-6} мг/м³, а с одной сигаретой человек вдыхает до 80×10^{-6} мг/м³. Бенз(а)пирен всегда сопутствует копченым и жареным продуктам. Оцените объем кухни в Вашем доме. Какая концентрация бенз(а)пирена может быть на кухне при жарке 1 кг мяса? Какие меры следует предпринять, чтобы уменьшить концентрацию? Какие виды кулинарной обработки продуктов более предпочтительны во избежание канцерогенной опасности? Сопоставьте ориентировочно канцерогенную опасность, связанную с поступлением бенз(а)пирена в организм при питании, курении и пребывании на перекрестке с интенсивным движением.

Список рекомендуемой литературы

1. Зубрев Н.И., Байгулова Т.М., Зубрева Н.П. Теория и практика защиты окружающей среды. – М.: Желдориздат, 2004. – 392 с.
2. Калыгин В.Г. Промышленная экология: Уч.пос. – М.: Академия, 2004. – 528 с.
3. Гринин А.С. Новиков В.Н. Промышленные и бытовые отходы. Хранение, утилизация, переработка. Уч. пос. – М.: Гранд, 2002. – 336 с.
4. Лосов К.С., Ананичьева М.Д. Экологические проблемы России и сопредельных территорий. – М.: Ноосфера, 2000. – 288 с.
5. Новиков В.Н. Экология, окружающая среда и человек. Уч. пос. – М.: ФАИР ПРЕСС, 2000 – 320 с.
6. Техника и технология защиты воздушной среды. /В.В. Юшин, В.Л. Лапин, В.М. Попов, П.П. Кукин, Н.И. Сердюк, Д.А. Кривошеин, Н.Л. Пономарев, Ю.П. Ковалев. – М.: Высшая школа, 2005. - 319 с.
7. Еремин В.Г., Сафронов В.В., Схиртладзе А.Г., Харламов Г.А. Экологические основы природопользования. Уч. пос. – М.: Высшая школа, 2002. – 253 с.
8. Ревич Б.А. Загрязнение окружающей среды и здоровье населения. Уч. пос. – М.: МЭПУ, 2001. – 264 с.
9. Перечень и коды веществ, загрязняющих атмосферный воздух. – СПб.: Петербург – 21 век, 2000. – 320 с.

Интернет ресурсы

<http://all-gigiena.ru/lit/502-organolepticheskie-svoystva-vody>

<http://www.smoly.ru/otbor-prob-vody.html>

http://ctcentr.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=17&Itemid=33

<http://technomag.edu.ru/doc/66716.html>

Учебное издание

Составители: Борисова Е.А., Устюжанина А.Н.

ИСТОЧНИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ

Учебно-методическое пособие

Авторская редакция

Отпечатано с оригинал-макета заказчика