ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ ИМ. ПРОФ. М.А. БОНЧ-БРУЕВИЧА» (СПбГУТ)

Кафедра экологии и безопасности жизнедеятельности

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «КАРТОГРАФИЯ»

Направление подготовки 05.04.06 Экология и природопользование

Разработчик: профессор, д.г.н. Стурман В.И.

Санкт-Петербург
2018

Раздел 1. Нормирование качества атмосферного воздуха

1.1. Санитарно-гигиеническое нормирование качества атмосферного воздуха

Предельно допустимая концентрация загрязняющего вещества в атмосферном воздухе населенных мест – гигиенический норматив, утверждаемый постановлением Главного санитарного врача Российской Федерации по рекомендации Комиссии по государственному санитарно-эпидемиологическому нормированию при Минздраве России.

ПДК загрязняющего вещества в атмосферном воздухе – это концентрация, не оказывающая в течение всей жизни прямого или косвенного неблагоприятного воздействия на настоящее или будущие поколения, не снижающая работоспособности человека, не ухудшающая его самочувствия и санитарно-бытовых условий жизни.

Лимитирующий (определяющий) показатель вредности (ЛПВ) характеризует направленность биологического действия вещества: рефлекторное (рефл.) и резорбтивное (рез.). Под *рефлекторным* действием понимается реакция со стороны рецепторов верхних дыхательных путей – ощущение запаха, раздражение слизистых оболочек, задержка дыхания и т.д. Указанные эффекты возникают при кратковременном воздействии вредных веществ, поэтому рефлекторное действие лежит в основе установления максимальной разовой (20-30–минутная) ПДК ($ПДК_{м.р.}$). Под *резорбтивным* действием понимают возможность развития общетоксических, эмбриотоксических, мутагенных, канцерогенных и других эффектов, возникновение которых зависит не только от концентрации вещества в воздухе, но и длительности его вдыхания.

Помимо максимальной разовой предельно допустимой концентрации, временной интервал воздействия которой строго ограничен, разработаны так же среднесуточная предельно допустимая концентрация ($ПДК_{с.с.}$) и рабочей зоны ($ПДК_{р.з.}$). Предельно допустимая концентрация среднесуточная соответствует такой величине содержания загрязняющего вещества в воздухе населенных мест, при которой не оказывается негативного влияния на здоровье населения, на все его группы (половые, возрастные, здоровья) при неограниченной длительности вдыхания воздуха, содержащего указанные вещества. В рабочей же зоне находятся люди работоспособного возраста, прошедшие медицинское обследование, что позволяет им без вреда для собственного здоровья переносить более высокие концентрации загрязняющих веществ.

Таблица 1.1 - ПДК вредных веществ в атмосферном воздухе населенных пунктов

Вещество	Концентрация, $мг/м^3$	ЛПВ	Класс опасности

	$ПДК_{м.р.}$	$ПДК_{с.с.}$	$ПДК_{р.з.}$		
Азота оксид	0,4	0,06	3,0	рефлекторный	3
Азота диоксид	0,085	0,04	2,0	рефлекторно-резорбтивный	2
Аммиак	0,2	0,04	20,0	- ″-	4
Ацетальдегид	0,01	-	5,0	резорбтивный	3
Бензол	1,5	0,8	5,0	- ″-	2
Бенз(а)пирен	-	0,000001	$1,5 \cdot 10^{-4}$	- ″-	1
Бензин нефтяной малосернистый (в пересчете на С)	5	1,5		рефлекторно-резорбтивный	4
Диоксид серы	0,5	0,05	10,0	рефлекторно-резорбтивный	3
Мазутная зола теплоэлектростанций в пересчете на ванадий	-	0,002	0,5	резорбтивный	4
Пентоксид ванадия	-	0,002	0,5	- ″-	1
Пыль нетоксичная	0,5	0,15	6,0	- ″-	3
Ртуть металлическая	-	0,0003	0,01	- ″-	1
Сероводород	0,008	0,008	10,0	рефлекторный	2
Сероуглерод	0,03	0,005		резорбтивный	2
Углерода оксид	5,0	3,0	20,0	- ″-	4
Угольная зола теплоэлектростанций	0,05	0,02	-	- ″-	2
Фенол	0,01	0,003	0,3	рефлекторно-резорбтивный	2
Формальдегид	0,035	0,003	0,5	- ″-	2
Фтороводород	0,02	0,005	0,5	- ″-	2
Хлор	0,1	0,03	1,0	- ″-	2
Этанол	5,0	5,0	1000	рефлекторный	4

Оценка степени суммарного загрязнения атмосферы рядом веществ проводится двумя часто используемыми способами: по индексу загрязнения атмосферы *I* (ИЗА) и комплексному показателю загрязнения атмосферного воздуха (*P*).

Расчет ИЗА выполняется, как правило, для пяти веществ, нормированное содержание которых в атмосферном воздухе максимально. Расчет нормированного содержания для одного вещества проводится по формуле:

$$I_i = \frac{q_{cp.i} \cdot k_i}{ПДК_{cc.i}} \qquad (1.1)$$

где $q_{cp.i}$ – среднее содержание *i*-го вещества в атмосферном воздухе в пункте наблюдения, мг/м^3;

$ПДК_{ccі}$ - предельно допустимая среднесуточная концентрация *i*- го вещества, мг/м^3 (табл.1.1);

k_i - безразмерный коэффициент, учитывающий принадлежность к разным классам опасности.

Значение k_i

k_i	0,85	1,0	1,3	1,5
Класс опасности	4	3	2	1

Далее отбираются пять веществ с максимальными значениями нормированного параметра I_i. Расчет ИЗА проводится по этим веществам в соответствии с формулой:

$$ИЗА = \sum_{i=1}^{5} \frac{q_{ср.i} \cdot k_i}{ПДК_{CCi}} \qquad (1.2.)$$

В соответствии со значениями ИЗА установлена качественная характеристика загрязнения атмосферного воздуха:

менее *5* – удовлетворительная обстановка,

6-15 – относительно напряженная,

16-50 – существенно напряженная,

51-100 – критическая,

более *100* – катастрофическая обстановка.

Данный способ оценки качества атмосферного воздуха в достаточной степени условен и ориентирован в основном на получение сравнительных характеристик загрязнения.

При загрязнении воздуха чаще проявляется эффект неполной суммации, который следовало бы принимать во внимание при оценке качества воздуха. В расчете значений комплексного показателя загрязнения атмосферного воздуха (P) эффект частичной суммации учитывается с помощью коэффициента $\sqrt{n}$, где n – число веществ в смеси.

Комплексный показатель P рассчитывается следующим образом:

$$P = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} K_i^2} \qquad (1.3)$$

где $\sum K_i^2$ - сумма квадратов концентраций, нормированных по ПДК и приведенных к концентрациям веществ 3-го класса опасности с использованием коэффициента изоэффективности R_i:

R_i	0,87	1,0	1,3	2,3
Класс опасности	4	3	2	1

При значениях K_i для 1-го класса опасности более 2,5; для 2-го – более 5, для 3-го – более 8 и для 4-го – более 11 приведение к 3-му классу осуществляется с применением других коэффициентов изоэффективности:

R_i	0,7	1,0	1,6	3,2
Класс опасности	4	3	2	1

Значение K_i определяется следующим образом:

$$K_i = \frac{C_i}{ПДК_i} \cdot R_i \qquad (1.4)$$

где C_i – фактическая концентрация i-го вещества, мг/м^3;

R_i – коэффициент изоэффективности i-го вещества.

Степень загрязнения атмосферного воздуха по комплексному показателю оценивается в соответствии с табл. 1.2.

Таблица 1.2 - Оценка степени среднегодового загрязнения атмосферы (по: Пингин, 1993)

Уровень загрязнения	Показатель P в зависимости от числа веществ				
	1	2-4	5-9	10-16	16-25
Допустимое	≤ 1	2	3	4	5
Слабое	1-2	2-4	3-6	4-8	8-10
Умеренное	2-4	4-8	6-12	9-16	10-20
Сильное	4-8	8-16	12-24	16-32	20-40
Зона чрезвычайной экологической ситуации	8-16	16-32	24-48	32-64	40-80
Зона экологического бедствия	> 16	> 32	> 48	> 64	> 80

Пример. Рассчитайте ИЗА, если среднее содержание загрязнителей в атмосферном воздухе в пункте наблюдения составило: диоксид азота – 0,056 мг/м^3; бенз(а)пирен – 0,0008 мкг/м^3; диоксид серы – 2,5 мг/м^3; оксид углерода – 2,7 мг/м^3; бензол 0,2 мг/м^3; свинец $3{,}4\cdot10^{-4}$ мг/м^3; пыль 0,63 мг/м^3.

Решение.

Рассчитаем нормированное содержание для каждого загрязнителя по формуле

$$I_i = \frac{q_{ср.i}\cdot k_i}{ПДК_{сс.i}}$$

$$I_{NO_2} = \frac{0{,}056\cdot1{,}3}{0{,}04} = 1{,}82 \qquad I_{SO_2} = \frac{2{,}5\cdot1}{0{,}05} = 50$$

$$I_{Б(А)П} = \frac{0{,}0008\cdot1{,}5}{0{,}001} = 1{,}2 \qquad I_{CO} = \frac{2{,}7\cdot0{,}85}{3{,}0} = 0{,}765$$

$$I_{бензол} = \frac{0{,}2\cdot1{,}3}{0{,}1} = 2{,}6 \qquad I_{Pb} = \frac{3{,}4\cdot10^{-4}\cdot1{,}5}{3{,}0\cdot10^{-4}} = 1{,}7$$

$$I_{пыль} = \frac{0{,}63\cdot1}{0{,}5} = 1{,}26$$

Из рассчитанных нормированных параметров выбираем пять веществ с максимальным значением I, т.е. диоксид серы, свинец, диоксид азота, бензол и пыль, и рассчитываем ИЗА:

$$ИЗА = I_{SO_2} + I_{Pb} + I_{NO_2} + I_{бензол} + I_{пыль} = 50+1{,}9+1{,}82+2{,}6+1{,}26 = 59{,}58$$

В соответствии со значением ИЗА состояние загрязнения атмосферного воздуха – ***критическое***, что отвечает зонам ЧЭС.

Задания для самостоятельной работы

1. Что понимают под рефлекторным действием? Резорбтивным действием?

2. Что такое ИЗА? Как он рассчитывается?

3. Рассчитайте ИЗА, если среднее содержание загрязнителей в атмосферном воздухе в пункте наблюдения составило: оксид азота – 0,47 мг/м^3; аммиак– 0,038 мкг/м^3; диоксид серы – 1,2 мг/м^3; оксид углерода – 2,7 мг/м^3; бензол 0,8 мг/м^3; пыль 0,61 мг/м^3; диоксид азота 0,05 мг/м^3.

4. Рассчитайте ИЗА, если среднее содержание загрязнителей в атмосферном воздухе в пункте наблюдения составило: диоксид азота – 0,027 мг/м^3; диоксид серы – 0,057 мг/м^3; оксид углерода – 4,2 мг/м^3; бенз(а)пирен 0,0005 мг/м^3; свинец $4\cdot10^{-5}$ мг/м^3; пыль 1,3 мг/м^3.

5. Рассчитайте ИЗА, если среднее содержание загрязнителей в атмосферном воздухе в пункте наблюдения составило: сероводород – $5\cdot10^{-3}$ мг/м^3; бенз(а)пирен – 0,0002 мкг/м^3; диоксид серы – 0,37 мг/м^3; оксид азота – 0,69 мг/м^3; бензол 0,8 мг/м^3; пыль 0,24 мг/м^3.

6. Рассчитайте ИЗА, если среднее содержание загрязнителей в атмосферном воздухе в пункте наблюдения составило: диоксид серы – 0,5 мг/м^3; оксид углерода – 1,2 мг/м^3; бензол 0,002 мг/м^3; свинец $0,7\cdot10^{-4}$ мг/м^3; пыль 1,6 мг/м^3; диоксид азота – 0,006 мг/м^3; бенз(а)пирен – 0,0003 мкг/м^3; оксид азота 0,022 мг/м^3.

7. Рассчитайте ИЗА, если среднее содержание загрязнителей в атмосферном воздухе в пункте наблюдения составило: пыль 0,82 мг/м^3; сероводород $1\cdot10^{-3}$ мг/м^3; диоксид азота – 0,09 мг/м^3; бенз(а)пирен – 0,001 мкг/м^3; диоксид серы – 1,9 мг/м^3; оксид углерода – 1,8 мг/м^3; бензол 0,01 мг/м^3.

8. Что такое комплексный показатель загрязнения атмосферного воздуха? Как он определяется?

9. При каких значениях комплексного показателя загрязнения атмосферного воздуха территории относят к зонам чрезвычайной экологической ситуации? К зонам экологического бедствия?

10. ПДК максимально разовая SO_2 составляет 0,5 мг/м^3. Какой может быть (больше или меньше) ПДК для рабочей зоны?

11. ПДК максимально разовая SO_2 составляет 0,5 мг/м^3. Какой может быть (больше или меньше) ПДК среднесуточная?

12. ПДК максимально разовая для летучей золы составляет 0,5 мг/м^3. Какой может быть (больше или меньше) ПДК для рабочей зоны?

13. ПДК максимально разовая для летучей золы составляет 0,5 мг/м^3. Какой может быть (больше или меньше) ПДК среднесуточная?

14. Максимальная разовая ПДК для CO составляет 5 мг/м^3, какой будет среднесуточная концентрация этого вещества: 1) 3 мг/м^3; 2) 6 мг/м^3; 3) 7 мг/м^3; 4) 10 мг/м^3; 5) такая же?

15. Максимальная разовая ПДК для аммиака составляет 0,2 мг/м^3, какой будет среднесуточная концентрация этого вещества: 1) 0,3 мг/м^3; 2) 0,5 мг/м^3; 3) 0,04 мг/м^3; 4) 1,0 мг/м^3; 5) такая же?

16. Среднесуточная ПДК для СО составляет 3,0 мг/м^3 какой будет ПДК рабочей зоны для этого загрязняющего вещества: 1) 3,0 мг/м^3; 2) 20,0 мг/м^3;3) 1,0 мг/м^3; 4) 0,5 мг/м^3; 5) 0,1 мг/м^3?

17. Какое из перечисленных веществ является наиболее токсичным для человека: 1) диоксид азота; 2) азот; 3) углекислый газ; 4) диоксид серы; 5) все токсичны в равной степени?

1.2. Расчет загрязняющих веществ, поступающих в атмосферный воздух от стационарных источников

Расчёты предназначены для определения выброса загрязняющих веществ в атмосферу с газообразными продуктами сгорания при сжигании органического топлива (например, в котлоагрегатах котельной, в плавильных печах металлургических предприятий).

Энергетические установки работают на различных видах топлива (твердом, жидком и газообразном). Выбросы загрязняющих веществ зависят как от количества и вида топлива, так и от типа устройства.

Учитываемыми загрязняющими веществами, выделяющимися при сгорании топлива, являются: твердые частицы, оксид углерода, оксиды азота, сернистый ангидрид (диоксид серы), пентоксид ванадия.

На энергетических установках используется твердое, жидкое и газообразное топливо.

Твердое топливо. В теплоэнергетике используют угли (бурые, каменные, антрацитовый штыб), горючие сланцы и торф.

Угли подразделяются на марки: А – антрацит; Б – бурый; Г – газовый; Д – длиннопламенный; Ж – жирный; ГЖ – газовые жирные; КЖ – коксовые жирные; К – коксовый; ОС – отощенный спекающийся; СС – слабоспекающийся; Т – тощий. В основу такого подразделения положены параметры характеризующие поведение углей в процессе термического воздействия на них. Самая низкая теплота сгорания у бурых углей, а самая высокая – у антрацитов.

По фракциям различают: П – (плита) более 100 мм; К – (крупный) 50-100 мм; О – (орех) 25-50 мм; М – (мелкий) 13-25 мм; С – (семечка) 6-13 мм; Ш – (штыб) 0-6 мм; р – (рядовой) шахтный 0-200 мм, к – карьерный 0-300 мм.

Фракция данной марки угля определяется исходя из меньшего значения самой мелкой фракции и большего значения самой крупной фракции, указанной в названии марки угля. Так, например, фракция марки ДКОМ (Д – длиннопламенный, К – 50-100, О – 25-50, М – 13-25 мм) составляет 13-100 мм.

Марки угля Д, Г и антрациты находят свое применение, как правило, *в котельных*, т.к. они могут гореть без поддува. В черной металлургии исполь-

зуются обычно марки Г, Ж *для производства сталей* и *чугуна*. Марки угля СС, ОС, Т применяются для получения *электрической энергии*, т.к. они имеют большую теплоту сгорания, но сжигание данного вида углей связано с технологическими трудностями, которые оправданы лишь в случае необходимости большого количества угля. Тощие трудновоспламеняемые угли используют как топливо для электровозов. Для *полукоксования* и *производства цемента, извести, кирпича* предназначены угли марок Б (3Б), Д и ДГ.

В процессе сжигания топлива часть его переходит в оксиды серы (SO_2 SO_3), азота (NO и NO_2) и углерода (CO и CO_2), основная часть минеральной составляющей превращается в летучую золу или сажу, уносимую дымовыми газами, а меньшая часть минеральной составляющей образует шлак.

Источником оксидов азота NO_x на ТЭС, кроме азотосодержащих компонентов топлива, является молекулярный азот воздуха.

Жидкое топливо. В теплоэнергетике применяются мазут (малосернистный, сернистый, высокосернистый), сланцевое масло, дизельное и котельно-печное топливо.

В жидком топливе отсутствует пиритная сера, сера находится преимущественно в виде органических соединений, элементарной серы и сероводорода H_2S. Ее содержание зависит от сернистости нефти, из которой получен мазут. В состав золы мазута входят пентоксид ванадия V_2O_5, а также Ni_2O_3, AL_2O_3, Fe_2O_3, Si_2O_3, MqO и др. оксиды. Зольность энергетических мазутов значительно ниже, чем углей (<0,3%). При неполном сгорании жидкого топлива в дымовых газах образуются липучие частицы сажи, которые способны адсорбировать бенз(а)пирен, в результате чего ее частицы приобретают канцерогенные свойства.

Газообразное топливо. Природный газ - топливо беззольное, как правило, не содержит и соединений серы. При полном его сгорании из токсичных веществ образуются только оксиды азота (NO и NO_2) и диоксид углерода CO_2, при неполном сгорании - оксид углерода CO и некоторые углеводороды (C_xH_y, бенз(а)пирен).

Водород. В настоящее время развивается водородная энергетика, поскольку водород (H_2) является наиболее экологически чистым видом топлива.

Теплотворная способность различных видов топлива неодинакова:

$$Q_{угля} = 19600 \text{ кДж/кг}$$
$$Q_{мазут} = 38800 \text{ кДж/кг}$$
$$Q_{газа} = 36100 \text{ кДж/кг}$$
$$Q_{водорода} = 143000 \text{ кДж/кг.}$$

Следовательно, 1 кг угля в энергетическом отношении равноценен 0,51 кг мазута, 0,54 кг газа и 0,13 кг водорода.

1.2.1. Расчет массы выброса загрязняющих веществ

Масса выбрасываемых котельным агрегатом или другим видом теплогенератора токсичных веществ в общем случае рассчитывается по формуле:

$$M = V \cdot q, \qquad (1.5)$$

где M - количество загрязняющего вещества, г/с;

V - объем выбросных газов, $м^3/с$;

q - концентрация загрязняющего вещества в газе, $г/м^3$.

При сжигании топлива объем выбросных (дымовых) газов зависит от вида и качества топлива, а также от коэффициента избытка воздуха - α (приложение, табл. П. 1). Объем продуктов сгорания на единицу массы сжигаемого топлива рассчитывается по эмпирическим уравнениям, приведенным в табл.1.3, либо берется из технических характеристик используемого топлива в % (приложение, табл. П. 2).

Таблица 1.3 - Расчетные характеристики различных видов топлива

Вид топлива	Марка топлива	Объем продуктов сгорания при нормальных условиях, [1]V_0 $м^3/кг$	Содержание			Низшая теплота сгорания Q^p_H, кДж/кг
			серы S^r,%	зольность [2]A^p,%	азота N^p, %	
1	2	3	4	5	6	7
Уголь:						
Донецкий бассейн	Д	5,86+5,44(α-1)	4,6	10,0	1,0	19600
	Г	5,65+5,19(α-1)	3,3	23,0	1,0	22100
	Ж	5,16+4,77(α-1)	2,5	35,5	0,9	18000
	АШ	6,32+6,04(α-1)	1,7	27,0	0,6	22600
Кузнецкий бассейн	Д	6,58+6,02(α-1)	0,3	13,2	1,9	22300
	Г	7,42+6,88(α-1)	0,5	11,0	1,7	26100
	СС	6,73+6,26(α-1)	0,3	13,2	1,5	23900
	Т	7,22+6,83(α-1)	0,4	16,8	1,5	26200
Подмосковный бассейн	2Б	3,62+3,03(α-1)	2,7	25,2	0,6	10400
Экибастузский бассейн	СС	4,96+4,67(α-1)	0,8	32,6	0,8	15800
Торф	-	3,30+2,38(α-1)	0,1	6,3	1,1	8110
Мазут:						
малосернистый	-	12,50+10,62(α-1)	0,5	0,02	-	39700
высокосернистый	-	12,10+10,46(α-1)	2,8	0,02	-	38800
Природный газ:						
ставропольский	-	10,49+9,49(α-1)	-	-	2,6	37000
шебелинский	-	10,46+9,52(α-1)	-	-	1,5	37000
саратовский	-	10,73+9,52(α-1)	-	-	3,0	36100

[1]V – летучие вещества, являются показателем качества, характеризующими пригодность топлива для энергетических или технологических целей, воспламеняемость топлива и быстроту его сгорания (чем выше в топливе выход летучих веществ, тем оно имеет меньшую температуру воспламенения);

[2]А – зола, является негорючим остатком минеральных примесей, получающимся после сгорания топлива, ее наличие понижает качество топлива, увеличивает расходы на транспортировку и удаление золы из топок.

Количество оксидов азота в дымовых газах находится в сложной зависимости от энергетических свойств топлива, температуры сгорания, времени пребывания продуктов сгорания в высокотемпературной зоне, коэффициента избытка воздуха. В первом приближении для котельных агрегатов его можно принять равным (в мг NO_2 на каждый $м^3$ дымовых газов): 120 - 150 (каменный уголь), 160 - 220 (мазут), 200 - 250 (природный газ). Далее, исходя из объема продуктов сгорания и количества сжигаемого топлива, рассчитывается количество образовавшихся оксидов азота.

Пример 1. Рассчитать объем (в $м^3$/с) дымовых газов и массу (выброс в г/с) NO_2, содержащегося в продуктах сгорания 2,3 т/час высокосернистого мазута, если коэффициент избытка воздуха равен 1,23.

Решение. Рассчитаем объем (в $м^3$/с) дымовых газов при нормальных условиях, используя данные табл.3:

$$V = V_0 \cdot B = [12{,}10+10{,}46(\alpha-1)]\cdot B = [12{,}10+10{,}46(1{,}23-1)]\cdot \frac{2{,}3\cdot 10^3}{3600} = 9{,}27\ м^3/с$$

Определим секундный выброс диоксида азота, принимая, что в каждом кубическом метре дымовых газов содержится 200 мг NO_2:

$$M\ (NO_2) = \frac{9{,}27\cdot 200}{1000} = 1{,}85\ г/с$$

Расчет количества оксидов серы в пересчете на SO_2 (т/год, т/ч, г/с), выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами при сжигании органического топлива в технологическом процессе в единицу времени выполняется по формуле:

$$M_{SO_2} = 0{,}02\cdot B\cdot S^r\cdot(1-\eta_{SO_2})\cdot(1-\eta'_{SO_2}), \qquad (1.6)$$

где B - расход топлива (т/год, т/ч, г/с);

S^r - содержание серы в топливе (масс, %), приведенное в табл.1.3;

η_{SO_2} - доля оксидов серы, связываемых летучей золой в котле (табл. 1.4);

η'_{SO_2} - доля оксидов серы, улавливаемых в мокром золоуловителе попутно с улавливанием твердых частиц. Доля оксидов серы, улавливаемых в сухих золоуловителях (электрофильтрах, батарейных циклонах), принимается равной нулю, в мокрых золоуловителях (скрубберы) эта доля зависит от общей щелочности орошающей воды и приведенной сернистости топлива $S^n = 10^3 \cdot S^r/Q^P_H$. Для принятых на ТЭС удельных расходов воды на орошение золоуловителей 0,1-0,15 л/$м^3$ эта зависимость показана на диаграмме (рис. 1.1).

Таблица 1.4 - Ориентировочные значения η_{SO_2} при сжигании различных видов топлива

Вид топлива	Доля оксидов серы, связываемых летучей золой, η_{SO2}
Уголь	0,1

Сланцы	0,50
Мазут	0,02
Газ	0,00
Торф	0,15

Пример 2. Рассчитать теоретически возможную массу SO_2 (выброс в г/с), образующегося при полном сгорании 240 т/ч каменного угля Донецкого бассейна марки Г при отсутствии очистки.

Решение.

Переведем расход топлива из т/ч в г/с: 240 т/ч = $\frac{240 \cdot 10^6}{3600}$ г/с

Используя формулу (1.6) и данные табл. 1.3 (S^r = 3,3%) и 1.4 (η_{SO_2}=0,1), находим массу SO_2 (секундный выброс):

$$M_{SO_2} = 0{,}02 B\, S^r (1 - \eta_{SO_2}) = 0{,}02 \cdot \frac{240 \cdot 10^6}{3600} \cdot 3{,}3 \cdot (1\text{-}0{,}1) = 3960 \text{ г/с.}$$

Пример 3. Котельная сжигает 200 т/сут. Донецкого угля марки Д, коэффициент избытка воздуха (α) равен 1,25. Рассчитать количество SO_2 (в г/с), выделяющееся при работе котельной. Сравнить и оценить с экологической точки зрения целесообразность замены топлива на мазут высокосернистый с сохранением производственной мощности котельной (сравнение только по SO_2).

Решение.

1. Определим количество диоксида серы в пересчете на SO_2 (в г/с) в дымовых газах котельной

Пересчитаем расход топлива В из т/сут. в г/с: 200 т/сут. = $\frac{200 \cdot 10^6}{24 \cdot 3600}$ = 2314,8 г/с

S^r - содержание серы в топливе (масс,%), по табл. 1.3 для Донецкого угля марки Д = 4,6 %. Низшая теплота сгорания $Q^p_{НУ}$ = 19600 кДж/кг.

η (SO_2) - доля оксидов серы, связываемых летучей золой топлива, по табл. 1.4

η (SO_2) при сжигании угля равна 0,1

M (SO_2) = 0,02 · 2314,8 г/с · 4,6 (1-0,1)= 191,66 г/с или ~0,19 кг/с

2. Определим, учитывая теплотворную способность топлива, эквивалентный углю расход мазута и количество SO_2, образующегося при сжигании последнего. Зная, что низшая теплота сгорания мазута высокосернистого составляет $Q^p_{НМ}$ = 38800 кДж/кг. Определим теплотворность мазута по отношению к указанному углю:

$Q^p_{НУ}/ Q^p_{НМ}$ = 19600/38800 = 0,505

$B_{мазута}$= 2314,8 г/с·0,505 = 1168,97 г/с или 1,18 кг/с

$M_{мазут}$ (SO_2) = 0,02 · 1168,97 г/с · 2,8 · (1-0,02) = 64,15 г/с или ~0,064 кг/с

3. Количество SO_2, образовавшегося при сгорании Донецкого угля марки Д, составило ~0,19 кг/с, а при сгорании эквивалентного количества высокосернистого мазута - ~0,064 кг/с, что почти в 3 раза меньше. Следовательно, с экологической точки зрения замена Донецкого угля марки Д на высокосернистый мазут целесообразна.

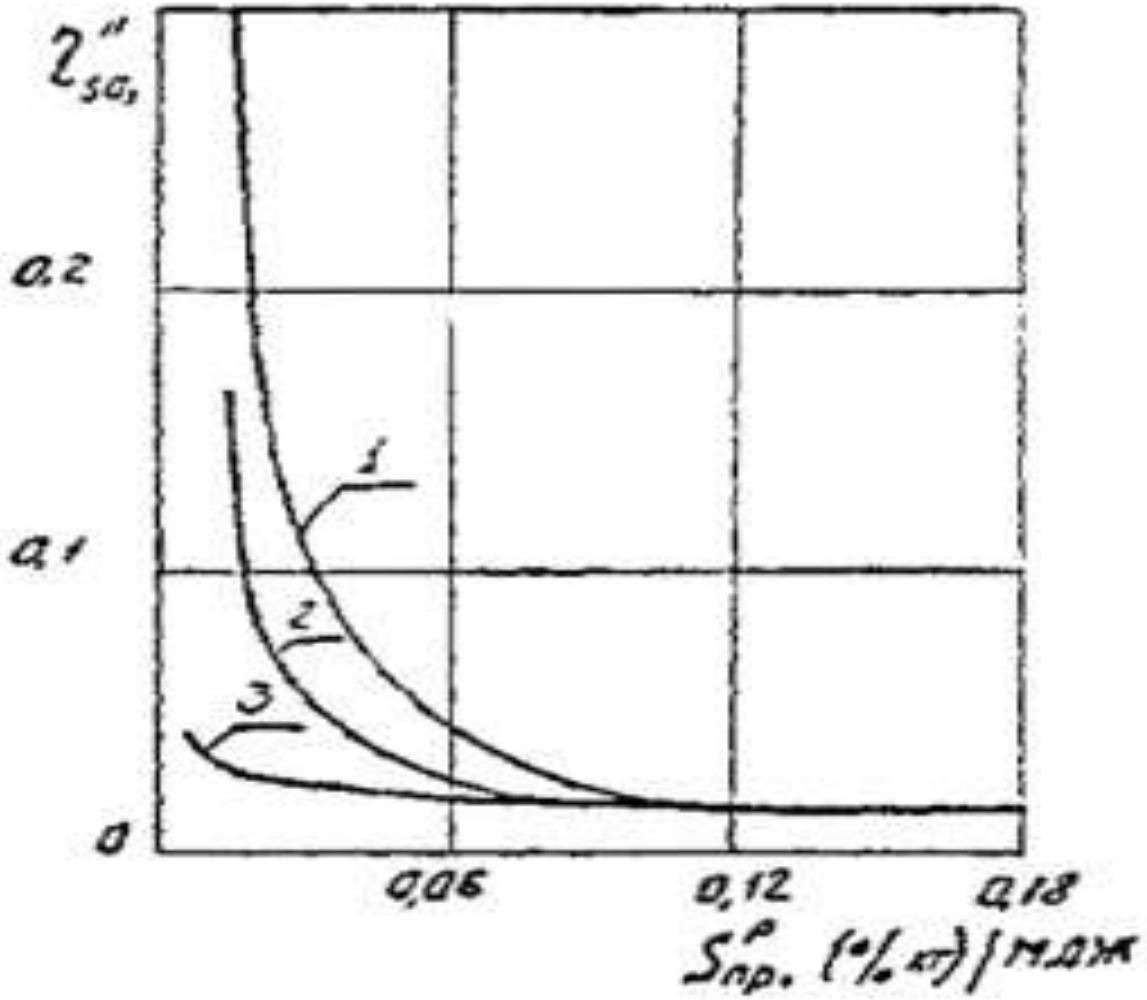

Рис. 1.1. Зависимость степени улавливания оксидов серы в мокрых золоуловителях от приведенной сернистости топлива и щелочности орошаемой воды. Щелочность орошаемой воды: *1* – 10 мг-экв./л; *2* – 5 мг-экв./л; *3* – 0 мг-экв./л.

Пример 4. Определить количество диоксида серы, которые образуются в процессе работы предприятия черной металлургии, если в сталелитейной печи используют уголь Печорского бассейна марки Д (приложение, табл. П 2). Потребление топлива составляет 10000 г/с. Перед выбросом в атмосферу газы проходят очистку в мокром золоуловителе с щелочностью оросительной воды равной 5 мг-экв./л.

Решение. Для расчета используем формулу 1.6:

$$M_{SO_2} = 0{,}02 \cdot B \cdot S^r \cdot (1 - \eta_{SO_2}) \cdot (1 - \eta'_{SO_2})$$

Из таблицы П 2 сернистость S^r =0,38; η (SO_2) - доля оксидов серы, связываемых летучей золой топлива, по табл. 1.4, η (SO_2) при сжигании угля равна 0,1; низшая теплота сгорания Q^P_H = 26177 кДж/кг.

Для определения η'_{SO2} находим $S^n = 10^3 \cdot S^r / Q^P_H = 10^3 \cdot 0{,}38/26177 = 0{,}0145$. По графику на рис. 1.1 определяем $\eta'_{SO2} = 0{,}12$. Подставляя все значения в формулу 1.6, получим:

$$M_{SO_2} = 0{,}02 \cdot 10000 \cdot 0{,}38 \cdot (1 - 0{,}1) \cdot (1 - 0{,}12) = 60{,}192 г/с$$

Количество оксидов углерода (г/с, т/год), выбрасываемое в атмосферу с дымовыми газами при сжигании твердого, жидкого и газообразного топли-

ва, вычисляется по формуле:

$$M_{CO} = 0{,}001 \cdot C_{CO} \cdot B\left(1 - \frac{q_4}{100}\right) \tag{1.7}$$

где C_{CO} – выход оксида углерода при сжигании топлива, кг/т, кг/тыс.м^3;

q_4 – потери теплоты от механической неполноты сгорания топлива, % (табл. П 1).

Выход оксида углерода определяется по формуле

$$C_{CO} = \frac{q_3 \cdot R \cdot Q_H^P}{1013} \tag{1.8}$$

где R – коэффициент, учитывающий долю потерь теплоты вследствие химической неполноты сгорания топлива, обусловленную содержанием CO в продуктах сгорания; R принимает равным: для твердого топлива – 1,0; для газа – 0,5; для мазута – 0,65;

q_3 – потери тепла от недожога, % (табл. П 1).

Пример 5. Определить количество оксида углерода (в г/с), которое образуется при сжигании 20 тонн за час каменного угля марки АС Донецкого бассейна (табл. П 2) в камерной топке.

Решение.

1. Определим выход оксида углерода по формуле 1.8:

$$C_{CO} = \frac{4 \cdot 1 \cdot 30151}{1013} = 119{,}056 кг/т$$

2. По формуле 1.7 определим массу оксида углерода:

$$M_{CO} = 0{,}001 \cdot 119{,}056 \cdot 20\left(1 - \frac{0{,}5}{100}\right) = 2{,}369 кг$$

Суммарное количество твердых частиц (летучей золы и несгоревшего топлива), выбрасываемое в атмосферу с дымовыми газами при отсутствии эксплуатационных данных о содержании горючих частиц в уносе, рассчитывается по формуле:

$$M_{TB} = 0{,}01B\left(Q_{УН} \cdot A^P + q_4 \cdot \frac{Q_H^P}{32680}\right)(1 - \eta_3), \tag{1.9}$$

Количество летучей золы, выбрасываемой в атмосферу с дымовыми газами от теплогенератора при сжигании твердого и жидкого топлива, рассчитывается из соотношения:

$$M_{ЛЗ} = 0{,}01B \cdot A^P \cdot Q_{УН} \cdot (1 - \eta_3) \tag{1.10}$$

При отсутствии необходимости в более точных расчетах количества летучей золы можно воспользоваться более краткой формулой:

$$M_{ЛЗ} = \beta \cdot B \cdot A^P \tag{1.11}$$

В формулах 1.9-1.11:

В - расход топлива (т/год, т/ч, г/с);

A^p - зольность топлива, % (табл. 1.3, П 2);

Q^P_H – низшая теплота сгорания, кДж/кг (табл. 1.3, П 2);

q_4 – потери теплоты от механической неполноты сгорания топлива, % (табл. П 1);

$\eta_З$ – доля твердых частиц, улавливаемых в золоуловителе, зависит от типа золоуловителя, марки топлива и мощности ТЭС. Для ТЭС мощностью 500 МВт и выше $\eta_З$ равна 0,99-0,995, при меньших мощностях $\eta_З$ = 0,93-0,97 (большие цифры относятся к многозольным топливам).

$Q_{УН}$ – доля золы, уносимой из котла, зависит от конструкции топки: для топок с твердым шлакоуловителем составляет 0,95 и 0,70-0,75 для открытых и полуоткрытых топок с жидким шлакоудалением (табл. П 1).

β - доля золы, уносимой дымовыми газами. Зависит от вида, марки топлива и от типа топки. Для угольных топок β колеблется в интервале 0,002 - 0,008. В случае мазутных топок β составляет 0,02.

Количество твердых частиц несгоревшего топлива $M_{НТ}$, т/год, г/с, образующихся в топке в результате механического недожога топлива (несгоревшее топливо) и выбрасываемых в атмосферу в виде коксовых остатков (при сжигании твердого топлива) или в виде сажи (при сжигании мазута), определяют по формуле:

$$M_{НТ} = M_{ТВ} - M_{ЛЗ} \qquad (1.12)$$

Пример 4. Рассчитать количество летучей золы (в г/с), выбрасываемой в атмосферу с дымовыми газами от котельной при сжигании 130 т/час высокосернистого мазута.

Решение.

Пересчитаем расход топлива из т/час в г/с: В = 130 т/час = $\frac{130 \cdot 10^6}{3600}$ = $36{,}11 \cdot 10^3$ г/с.

Для мазутных топок β = 0,02; по табл. 1.3 зольность топлива $A^р$ = 0,02

Определим количество летучей золы (в г/с) в дымовых газах котельной по формуле 1.11:

$$М_{л.з.} = В\, A^р \beta = 36{,}11 \cdot 10^3 \cdot 0{,}02 \cdot 0{,}02 = 14{,}44 \text{ г/с.}$$

Для веществ, обладающих суммацией вредного действия, аналогично рассчитывается суммарный выброс $М_{сум}$, (г/с), условно приведенный к выбросу одного из них:

$$М^{пр}_{сум} = М_1 + М_2 \frac{ПДК_1}{ПДК_2} + ... + М_n \frac{ПДК_1}{ПДК_n}, \qquad (1.13)$$

где $М_1, М_2, ..., М_n$ - мощности выброса каждого из n веществ;

$ПДК_1$, $ПДК_2$,...,$ПДК_n$ - максимальные разовые предельно допустимые концентрации этих веществ.

К вредным веществам, обладающим суммацией действия, относятся, как правило, близкие по химическому строению и характеру влияния на организм человека, например:

- диоксид серы и аэрозоль серной кислоты;
- диоксид серы и сероводород;

- диоксид серы и диоксид азота;
- диоксид серы и фенол;
- диоксид серы и фтористый водород;
- диоксид и триоксид серы, аммиак, оксиды азота;
- диоксид серы, оксид углерода и диоксид азота.

Пример 5. Котельный агрегат работает на высокосернистом мазуте. Расход топлива составляет 10,5 т/час. Основными загрязняющими веществами, выбрасываемыми теплогенератором, являются диоксид серы и диоксид азота. Коэффициент избытка воздуха равен 1,23. Рассчитать суммарный выброс загрязняющих веществ в атмосферу. Определить долю каждого загрязняющего вещества в приведенных выбросах.

Решение. Диоксид серы и диоксид азота относятся к одному ЛПВ (табл. 1.1), следовательно, обладают суммацией вредного воздействия. Определим суммарный выброс этих веществ, условно приведенный к выбросу диоксида серы по формуле (1.13)

$$M_{сум}^{пр} = M_{SO_2} + M_{NO_2}\frac{ПДК_{SO_2}}{ПДК_{NO_2}}$$

По табл. 1.1 ПДК(NO_2) = 0,2 мг/м^3, ПДК (SO_2) = 0,5 мг/м^3.

Определим секундный выброс SO_2 при сжигании 10,5 т/час высокосернистого мазута:

$$M\ (SO_2) = 0{,}02\cdot\frac{10{,}5\cdot10^6}{3600}\cdot2{,}8\cdot(1\text{-}0{,}02) = 160{,}25\ г/с.$$

($S^г$ = 2,8 %, η (SO_2) = 0,02 из табл. 1.3 и 1.4).

Определим секундный выброс NO_2, принимая, что в каждом м^3 дымовых газов содержится 200 мг NO_2.

$$M\ (NO_2) = (12{,}10+10{,}46(1{,}23\text{-}1))\cdot\frac{10{,}5\cdot10^3}{3600}\cdot200\cdot10^{-3} = 8{,}47\ г/с$$

$$M_{сум}^{пр} = 160{,}25+8{,}47\cdot\frac{0{,}5}{0{,}2} = 181{,}425\ г/с.$$

Доля SO_2, содержащаяся в условно приведенных выбросах, составляет:

$$\omega_{SO_2} = \frac{M_{SO_2}}{M_{сум}^{пр}}\cdot100\% = \frac{160{,}25}{181{,}425}\cdot100\% = 88{,}33\%$$

Доля NO_2: $\omega_{NO_2} = \dfrac{M_{SO_2}\dfrac{ПДК_{SO_2}}{ПДК_{NO_2}}}{M_{суу}^{пр}}\cdot100\% = \dfrac{8{,}47\dfrac{0{,}5}{0{,}2}}{181{,}425}\cdot100\% = 11{,}67\%$.

Задачи для самостоятельного решения

1. Рассчитать теоретически возможную массу SO_2 (в г/с), образующегося при полном сгорании 160 т/ч каменного угля Кузнецкого бассейна.

2. Рассчитать теоретически возможную массу SO_2 (в г/с), образующегося при полном сгорании 76 т/ч каменного угля Подмосковного бассейна.

3. Рассчитать теоретически возможную массу SO_2 (в г/с), образующегося при полном сгорании 132 т/ч каменного угля Экибастузского бассейна марки СС.

4. Рассчитать теоретически возможную массу SO_2 (в г/с), образующегося при полном сгорании 95 т/ч каменного угля Донецкого бассейна марки Д.

5. Какой объем дымовых газов образуется при сгорании 1700 кг угля Кузнецкого бассейна, если коэффициент избытка воздуха равен 1,2?

6. Какой объем дымовых газов образуется при сгорании 1950 кг угля Экибастузского бассейна, если коэффициент избытка воздуха равен 1,17?

7. Какой объем дымовых газов образуется при сгорании 1400 кг высокосернистого мазута, если коэффициент избытка воздуха равен 1,1?

8. Какой объем дымовых газов образуется при сгорании 2100 кг угля Донецкого бассейна марки АШ, если коэффициент избытка воздуха равен 1,21?

9. Какой объем дымовых газов образуется при сгорании 1800 кг высокосернистого мазута, если коэффициент избытка воздуха равен 1,15?

10. Рассчитать массу CO_2, образующегося при сгорании 3 т каменного угля, не содержащего никаких примесей.

11. Определить массовую долю, образовавшихся газов (SO_2, NO_2, CO) в продуктах сгорания при сжигании 25 т/час угля Кузнецкого бассейна марки Д (табл. 1.3) в камерной топке с твердым шлакоудалением. Коэффициент избытка воздуха 1,2.

12. Рассчитать массу CO_2, образующегося при сгорании 2 т каменного угля, содержащего 5 % примесей.

13. Рассчитать массу CO_2, образующегося при сгорании 4,5 т каменного угля, содержащего 9 % примесей.

14. Рассчитать массу NO_2, содержащегося в продуктах сгорания 1,7 т высокосернистого мазута, если коэффициент избытка воздуха равен 1,16.

15. Рассчитать массу NO_2, содержащегося в продуктах сгорания 1500 кг угля Донецкого бассейна марки Д, если коэффициент избытка воздуха равен 1,3.

16. Рассчитать массу NO_2, содержащегося в продуктах сгорания 1,65 т угля Подмосковного бассейна, если коэффициент избытка воздуха равен 1,21.

17. Рассчитать массу NO_2, содержащегося в продуктах сгорания 2500 кг угля Кузнецкого бассейна, если коэффициент избытка воздуха равен 1,2.

18. Рассчитать массу NO_2, содержащегося в продуктах сгорания 1,46 т угля Экибастузского бассейна, если коэффициент избытка воздуха равен 1,18.

19. Рассчитать массу NO_2, содержащегося в продуктах сгорания 1,9 т ставропольского природного газа, если коэффициент избытка воздуха равен 1,1.

20. Рассчитать массу NO, первоначально образующегося при сгорании 1,25 т угля Подмосковного бассейна.

21. Котельная сжигает 80 т/сут. угля Подмосковного бассейна, коэффициент избытка воздуха равен 1,14. Оценить с экологической точки зрения целесообразность замены топлива на высокосернистый мазут с сохранением производственной мощности котельной (сравнить только по SO_2).

22. Котельная сжигает 135 т/сут. высокосернистого мазута, коэффициент избытка воздуха равен 1,1. Оценить с экологической точки зрения целесообразность замены топлива на уголь Донецкого бассейна марки Д с сохранением производственной мощности котельной (сравнить только по SO_2).

23. Котельная сжигает 110 т/сут. угля Кузнецкого бассейна, коэффициент избытка воздуха равен 1,16. Оценить с экологической точки зрения целесообразность замены топлива на высокосернистый мазут с сохранением производственной мощности котельной (сравнить только по SO_2).

24. Котельная сжигает 95 т/сут. угля Донецкого бассейна марки АШ, коэффициент избытка воздуха равен 1,1. Оценить с экологической точки зрения целесообразность замены топлива на высокосернистый мазут с сохранением производственной мощности котельной (сравнить только по SO_2).

25. Котельная сжигает 70 т/сут. Угля Кузнецкого бассейна марки Д, коэффициент избытка воздуха равен 1,5. Оценить с экологической точки зрения целесообразность замены топлива на уголь Кузнецкого бассейна марки Г с сохранением производственной мощности котельной (сравнить только по SO_2).

26. Котельная сжигает 115 т/сут. высокосернистого мазута, коэффициент избытка воздуха равен 1,22. Оценить с экологической точки зрения целесообразность замены топлива на уголь Кузнецкого бассейна с сохранением производственной мощности котельной (сравнить только по SO_2).

27. В два котельных агрегата подается одинаковое количество (по массе) топлива: в один – мазут малосернистый, в другой – уголь Подмосковного бассейна. В каком из агрегатов объем дымовых газов будет меньше? Коэффициент избытка воздуха, подаваемого на горение – одинаков.

28. Какая марка угля, из добываемых в разрезе «Изыхский» Кузнецкого бассейна (табл. П 2), будет являться наиболее экологичной с точки зрения образования оксидов серы и золы (для использования на ТЭС)?

29. Определить количество твердых частиц несгоревшего топлива и летучей золы при сжигании угля Подмосковного бассейна в количестве 50 т/час.

30. Определить какое топливо будет более экологичным с точки зрения образования оксидов углерода: мазут высокосернистый или уголь Донецкого бассейна марки АШ при использовании в камерной топке. Каким количеством мазута можно заменить указанный уголь, если его требуется 30 т/час.

1.2.2. Расчет приземных концентраций загрязняющих веществ

Газовые выбросы на определенном расстоянии от трубы достигают земли. Приземная концентрация быстро растет до максимальной величины и затем по мере отдаления от трубы медленно убывает. Схема распространения загрязняющих веществ от одиночного источника приведена на рис. 1.2.

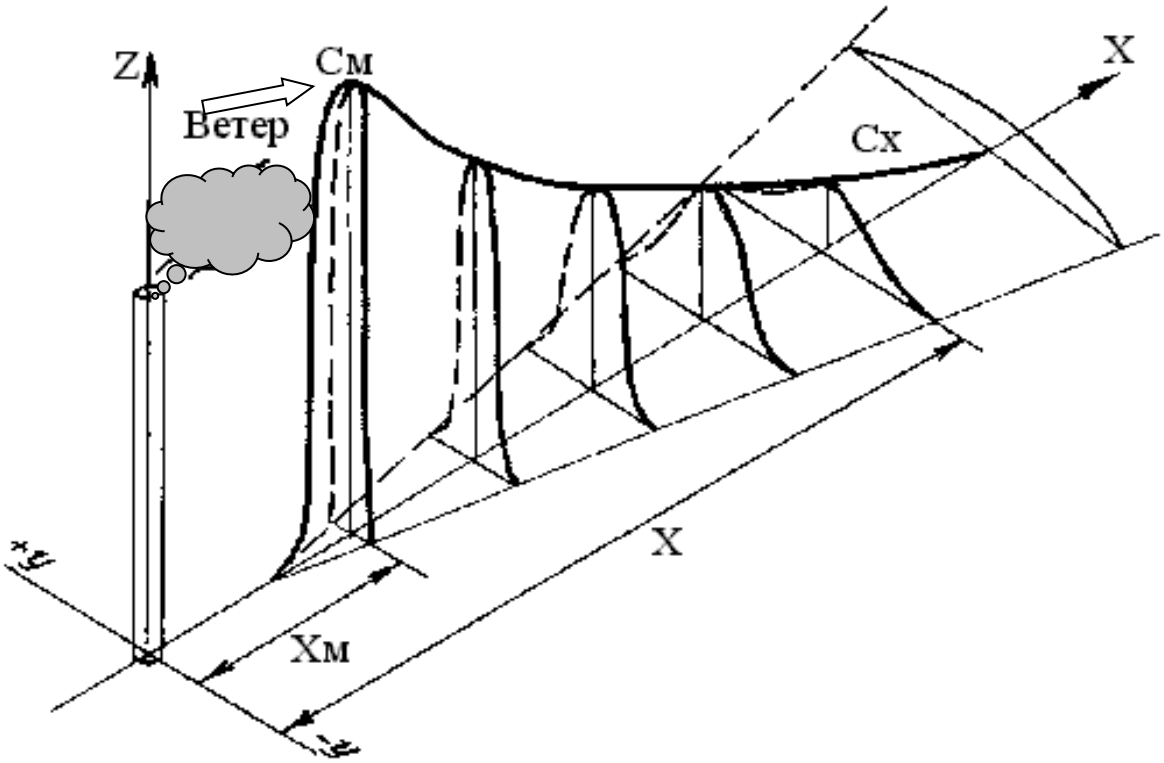

Рис.1.2. Аксонометрическая схема изменения приземной концентрации загрязняющего вещества для одиночного источника выбросов

Максимальное значение приземной концентрации загрязняющего вещества при выбросе газовоздушной смеси из одиночного источника достигается на расстоянии $X_м$(м) от источника и определяется по формуле:

$$C_м = \frac{AMFmn\ \eta}{H^2\sqrt[3]{V\Delta T}}, \text{ (мг/м}^3\text{)}, \qquad (1.14)$$

где A - коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы (рис. П 1);

M - масса вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу в единицу времени, г/с;

F - безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе. Значение безразмерного коэффициента F для газообразных вредных веществ и аэрозолей, у

которых скорость упорядоченного оседания близка к нулю, принимается равной 1, а для пыли и золы при отсутствии очистки - 3.

m и n - коэффициенты, учитывающие условия выхода газовоздушной смеси из устья источника выброса;

H - высота источника выброса над уровнем земли, м;

η - безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности. В случае ровной или слабопересеченной местности η=1;

ΔT - разность между температурой выбросных (дымовых) газов на уровне устья трубы $t_{уст.}$ и средней максимальной температурой наружного воздуха наиболее жаркого месяца года в данной местности $t_{ср.макс.}$ (табл. П 10);

V – секундный объем выбросных (дымовых) газов, приведенный к температуре на уровне устья трубы, $м^3/с$.

Расстояние $x_м$ (м) от источника выбросов, для которого приземная концентрация достигает максимального значения $C_м$, находится по формуле:

$$x_м = \frac{5-F}{4} dH \qquad (1.15)$$

где безразмерный коэффициент d, в свою очередь, при f<100 определяется из соотношений:

$$d = 2{,}48\left(1+0{,}28\sqrt[3]{f}\right), \text{ если } \upsilon_м \le 0{,}5 \qquad (1.16)$$

$$d = 4{,}95\upsilon_м\left(1+0{,}28\sqrt[3]{f}\right), \text{ если } 0{,}5 < \upsilon_м \le 2 \qquad (1.17)$$

$$d = 7\sqrt{\upsilon_м}\left(1+0{,}28\sqrt[3]{f}\right), \text{ если } \upsilon_м > 2 \qquad (1.18)$$

При f<100 или ΔT≈0 значение d находится по формулам:

$$d = 5{,}7, \text{если } \upsilon'_м \le 0{,}5$$

$$d = 11{,}4\upsilon_м, \text{ если } 0{,}5 < \upsilon'_м \le 2$$

$$d = 16\sqrt{\upsilon'_м}, \text{ если } \upsilon'_м > 2$$

где параметр $\upsilon'_м = 1{,}3\,\omega_0 D/H$.

Приземная концентрация в любой точке, расположенной с подветренной стороны от трубы C (мг/м^3), определяется по формуле

$$C = C_м \cdot S_1 \cdot S_2 \qquad (1.19)$$

Здесь S_1 - безразмерный коэффициент, учитывающий уменьшение приземной концентрации вдоль ветровой оси, проходящей через источник выброса загрязняющих веществ. Зависит от отношения расстояния x до расчетной точки от источника к расстоянию $x_м$, от источника до точки, где наблюдается

максимальная концентрация ($x/x_м$). Определяется по формулам:

при $x/x_M \le 1$ $$S_1 = 3\cdot(x/x_M)^4 - 8\cdot(x/x_M)^3 + 6\cdot(x/x_M)^2 \qquad (1.20)$$

при $1 < x/x_M \le 8$ $$S_1 = \frac{1{,}13}{(x/x_M)^2\cdot 0{,}13 + 1} \qquad (1.21)$$

при $x/x_M > 8$ $$S_1 = \frac{(x/x_M)}{3{,}58\cdot(x/x_M)^2 - 35{,}2\cdot(x/x_M) + 120} \qquad (1.22)$$

S_2 - безразмерный коэффициент уменьшения приземной концентрации на расстоянии y от ветровой оси на линии, перпендикулярной этой оси. Определяется по рис.3 в зависимости от расчетной скорости ветра (U, м/с), и отношения y^2/x^2 по аргументу t_y:

$$t_y = Uy^2/x^2 \quad \text{при} \quad U \le 5$$

$$t_y = 5y^2/x^2 \quad \text{при} \quad U > 5$$

Пример 1. Приземная концентрация SO_2 достигает максимального значения на расстоянии 500 м от теплогенератора по ветровой оси. На каком расстоянии от источника выброса приземная концентрация летучей золы достигнет максимального значения?

Решение. Расстояние от источника выброса, на котором приземная концентрация достигает максимального значения, определяется по формуле (1.15):

Для газообразных веществ F = 1, следовательно, $x_м = \frac{5-1}{4}dH = dH$.

Для летучей золы F = 3, тогда $x_м = \frac{5-3}{4}dH = \frac{1}{2}dH$.

Следовательно, расстояние, на котором приземная концентрация летучей золы достигнет максимального значения в 2 раза меньше, чем таковое расстояние для газообразных веществ, т.е. 500/2 = 250 м.

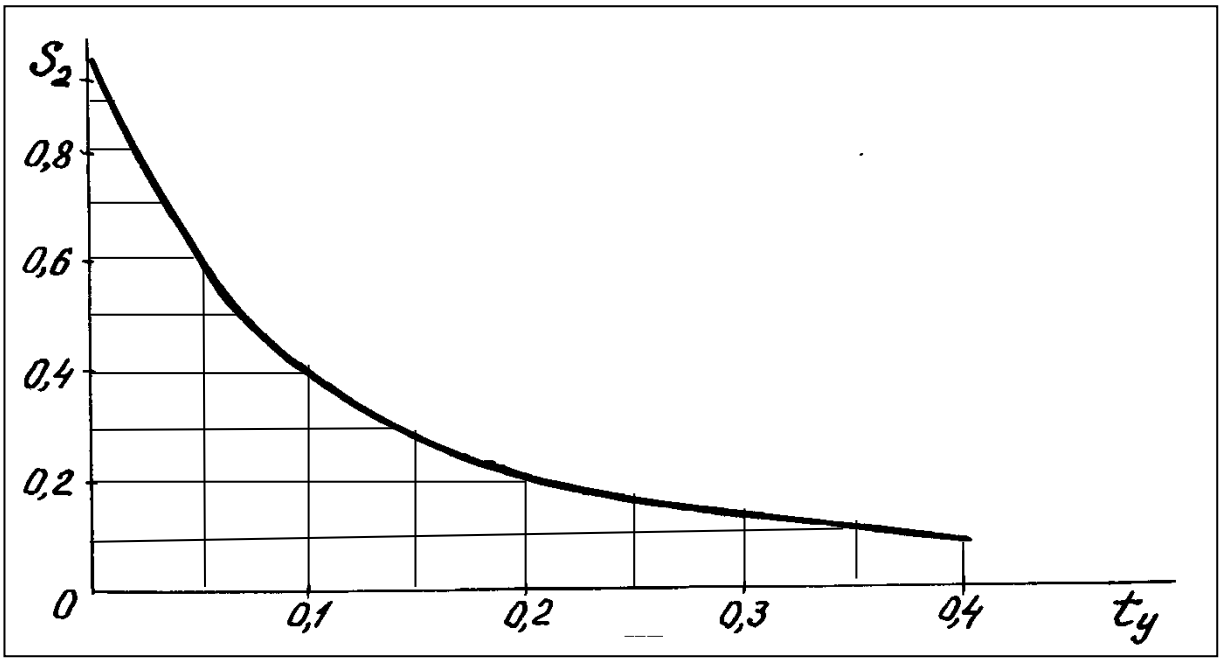

Рис. 1.3. Безразмерный коэффициент S_2.

Пример 2. Из дымовой трубы выбрасываются в единицу времени равные количества NO_2 и летучей золы. Как будут отличаться максимальные приземные концентрации (C_M) для этих веществ?

Решение. Исходя из уравнения 1.14, учитывая, что указанные загрязняющие вещества выбрасываются в одинаковом количестве ($M_{NO2} = M_{л.з.}$) и из одного и того же источника загрязнения, т.е. имеет одинаковые природно-климатические условия (A, ΔT, η) и технические характеристики источника загрязнения (H, V, m, n), имеем:

для NO_2
$$C_м = \frac{A \cdot M \cdot 1 \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \sqrt[3]{V \Delta T}}$$

для летучей золы
$$C_м = \frac{A \cdot M \cdot 3 \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \sqrt[3]{V \Delta T}}$$

Как следует из формулы 1.14, исходя из агрегатного состояния указанных загрязняющих веществ, для диоксида азота коэффициент $F = 1$, а для летучей золы 3. Приравняв оба полученных уравнения и сократив равные члены, получим, что концентрация летучей золы в 3 раза больше концентрации диоксида азота.

Пример 3. Максимальная приземная концентрация NO_2, равная 0,35 мг/м^3, зафиксирована на расстоянии 450 м от источника выброса по ветровой оси. Какой будет приземная концентрация на удалении 200 м?

Решение. Так как на расстоянии 450 м максимальная приземная концентрация NO_2 равна 0,35 мг/м^3, то на расстоянии 200 м приземная концентрация NO_2 –равна C_X мг/м^3. Учитывая, что концентрация в любой точке вдоль ветровой оси определяется из формулы 1.19:

$$C_x = C_м \cdot S_1,$$

учитывая, что отношение $X/X_M<1$ коэффициент S_1 находим по формуле 1.20:

$$S_1 = 3 \cdot (200/450)^4 - 8 \cdot (200/450)^3 + 6 \cdot (200/450)^2 = 0{,}6$$

$$C_X = 0{,}35 \cdot 0{,}6 = 0{,}21 \text{ мг/м}^3.$$

1.2.3. Определение предельно допустимых выбросов

Основным средством для соблюдения предельно допустимых концентраций вредных веществ в приземном слое атмосферы является установление нормативов предельно допустимых выбросов (ПДВ) в атмосферу. ПДВ устанавливают таким образом, чтобы выбросы вредных веществ от данного источника в данном районе с учетом перспективы его развития и рассеивания вредных веществ в атмосфере не создавали приземные концентрации, превышающие предельно допустимые концентрации ($ПДК_{м.р.}$).

Нормативы предельно допустимых выбросов устанавливаются на основании расчета приземных концентраций (т.е. расчета См - максимальной приземной концентрации) и сопоставления результатов расчета с предельно допустимыми концентрациями. Величина ПДВ определяется в виде массы выбросов в единицу времени, в граммах в секунду. Для одиночного источника с круглым устьем рекомендуется формула

$$ПДВ = \frac{\left(ПДК - C_ф\right)H^2}{AFmn\eta}\sqrt[3]{V\Delta T}, \qquad (1.22)$$

где $C_ф$ - ***фоновая концентрация***, которая характеризует загрязнение атмосферы в населенном пункте, создаваемое другими источниками, исключая, данный. Фоновая концентрация относится к тому же интервалу осреднения воздействия (~ 20 минут), что и максимальная разовая ПДК. В общем случае должно соблюдаться условие $C+C_ф \le ПДК_{м.р.}$

Для группы веществ, обладающих суммацией вредного действия, значения концентраций всех этих веществ приводятся условно к концентрации одного из них:

$$C_{сум}^{пр} = C_1 + C_2\frac{ПДК_1}{ПДК_2} + \dots + Cn\frac{ПДК_1}{ПДК_n}, \qquad (1.23)$$

где $C_{сум}^{пр}$ - приведенная суммарная концентрация;

C_1 и $ПДК_1$ - концентрация и предельно допустимая концентрация вещества, к которому осуществляется приведение;

$C_2,\dots,C_n$ и $ПДК_2,\dots,ПДК_n$ - концентрации и предельно допустимые концентрации других веществ, входящих в рассматриваемую группу суммации.

Соответственно для них рассчитывается суммарное приведенное ПДВ по формуле 1.22 с учетом суммарной приведенной фоновой концентрацией этих веществ (см. формулу 1.23).

Полученное значение суммарного приведенного ПДВ будет включать в себя:

$$ПДВ_{сум}^{пр} = ПДВ_1 + ПДВ_2^{пр} + \dots + ПДВ_n^{пр},$$

где $ПДВ_1$ - предельно допустимый выброс вещества, к которому осуществляется приведение;

$ПДВ_2^{пр}$, $ПДВ_n^{пр}$ - предельно допустимые выбросы остальных веществ, приведенные к одному и тому же веществу.

Для нахождения истинных значений предельно допустимых выбросов остальных веществ необходимо величину $ПДВ_n^{пр}$ трансформировать, совершив операцию, обратную приведению:

$$ПДВ_n = ПДВ_n^{пр} \cdot \frac{ПДК_n}{ПДК_1},$$

где $ПДВ_n$ и $ПДК_n$ - предельно допустимый выброс и предельно допустимая концентрация *n*-ного вещества из группы суммации;

$ПДВ_n^{пр}$ - предельно допустимый выброс *n*-ного вещества, приведенный к одному из веществ;

$ПДК_1$ - предельно допустимая концентрация вещества, к которому осуществляется приведение.

1.2.4. Расчёт платежей за нормативный и сверхнормативный выброс загрязняющих веществ

Плата за негативное воздействие на окружающую среду выбросами от энергетических установок подразделяется на:

- плату за допустимые выбросы;
- плату за выбросы, превышающие допустимые;

Плата за выбросы загрязняющих веществ в размерах, не превышающих установленные природопользователю предельно допустимые нормативы выбросов (ПДВ), исчисляется по формуле:

$$П_Н^{атм.} = \sum_{i=1}^{n} С_{Нi}^{атм.} \cdot М_i^{атм.} \qquad 0 < М_i^{атм.} \le М_{Нi}^{атм.}, \tag{1.24}$$

где $М_i^{атм.}$ - фактический выброс *i*-того загрязняющего вещества, т;

$М_{Нi}^{атм.}$ - предельно допустимый выброс (ПДВ) *i*-того загрязняющего вещества, т;

$С_{Нi}^{атм.}$ - ставка платы за выброс 1 тонны *i*-того загрязняющего вещества в пределах ПДВ, руб., соответствующая – $Н_{БНi}^{атм.}$ (табл. 1.5), базовому нормативу платы за выброс 1 тонны *i*-того загрязняющего вещества в размерах, не превышающих ПДВ

Плата за выбросы загрязняющих веществ в пределах установленных лимитов (ВСВ):

$$П_{Л}^{атм.} = \sum_{i=1}^{n} С_{Лi}^{атм.} \cdot (М_{i}^{атм.} - М_{Нi}^{атм.}) \text{ при } М_{Нi}^{атм.} < М_{i}^{атм.} \le М_{Лi}^{атм.}, \quad (1.25)$$

где $М_{i}^{атм.}$ - фактический выброс *i*-того загрязняющего вещества, т;

$М_{Нi}^{атм.}$ - предельно допустимый выброс (ПДВ) *i*-того загрязняющего вещества, т;

$М_{Лi}^{атм.}$ - выброс загрязняющих веществ в пределах установленного лимита, т;

$С_{Лi}^{атм.}$ - ставка платы за выбросы 1 тонны *i*-того загрязняющего вещества в пределах установленных лимитов, в рублях, причем

$$С_{Лi}^{атм.} = 5 \cdot Н_{БНi}^{атм.} \ .$$

Плата за сверхлимитный выброс загрязняющих веществ в атмосферу:

$$П_{СЛ}^{атм.} = \sum_{i=1}^{n} С_{СЛi}^{атм.} \cdot (М_{i}^{атм.} - М_{Лi}^{атм.}) \text{ при } М_{i}^{атм.} > М_{Лi}^{атм.}, \quad (1.26)$$

где $С_{СЛi}^{атм.}$ - ставка платы за выбросы 1 тонны *i*-того загрязняющего вещества сверх установленных лимитов, в рублях, при соотношении $C_{СЛi}^{атм.} = 5 \cdot 5 \cdot H_{БНi}^{атм.}$.

Плата за загрязнение атмосферного воздуха отдельно взятым веществом может быть представлена в следующем виде:

$$П^{атм.} = \left(C_{Н}^{атм.} \cdot M_{Н}^{атм.} + C_{Л}^{атм.} \cdot \left(M_{Л}^{атм.} - M_{Н}^{атм.}\right)\right) \cdot K_{Э}^{атм.} \cdot K_{И} \quad (1.27)$$

Общая плата за загрязнение атмосферного воздуха определяется по формуле:

$$П_{общ.}^{атм.} = \left(П_{Н}^{атм.} + П_{Л}^{атм.} + П_{СЛ}^{атм.}\right) \cdot K_{Э}^{атм.} \cdot K_{И}, \quad (1.28)$$

где $K_{Э}^{атм.}$ - коэффициент экологической ситуации и экологической значимости атмосферы в рассматриваемом регионе (табл. П 3);

$K_{И}$ - коэффициент индексации платы (коэффициент индексации платы в 2010 году составляет 1,79 к уровню 2003 г. и 1,46 к уровню 2005 г., для диоксида серы установлен понижающий коэффициент – 1,21).

Помимо основных коэффициентов при учете платежей вводится дополнительный коэффициент 1,2 при выбросе загрязняющих веществ в атмосферный воздух городов и дополнительный коэффициент 2 для особо охраняемых природных территорий, в том числе лечебно-оздоровительных местностей и курортов, а также для районов Крайнего Севера и приравненных к ним местностей, Байкальской природной территории и зон экологического бедствия (приложение 2 к Постановлению от 12 июня 2003 г. № 344).

Таблица 1.5 - Нормативы платы за выбросы загрязняющих веществ в атмосферу (2003, 2005 гг.)

Наименование загрязняющих веществ	Норматив платы за выброс 1 тонны вещества, руб.	
	в пределах ПДВ, $Нбн_i$	в пределах установленных лимитов, $Нбл_i$
Аммиак NH_3	52	260
Бенз(а)пирен	2049801	10249005
Бензин (нефтяной, малосернистый в пересчете на углерод)	1,2	6,0
Бензол	21	105
Диоксид азота NO_2	52	260
Диоксид серы* SO_2	21	105
Летучая зола* -углей Подмосковного, Кузнецкого и Экибастузского бассейнов -прочих углей	 7 103	 35 515
Мазутная зола в пересчете на ванадий $M_V \approx 0,5 \cdot M_{Л.З.}$*	1025	5125
Оксид углерода (CO)	0,6	3
Сажа без примесей	41	205
Сероводород (H_2S)	257	1285
Фенол	683	3415
Фтороводород (HF)	410	2050

* -норматив 2005 г.

Пример 1. Выбросы Новочеркасской ГРЭС (НчГРЭС) по оксиду серы SO_2 в среднем составляют 70 000 т/год. Определите плату за выброс из предположения, что выбросы не превышают размеров ПДВ.

Решение. Учитывая, что коэффициент экологической ситуации и экологической значимости для Северо-Кавказского экономического региона составляет 1,6 (из табл. П. 3), а коэффициент индексации платы для диоксида серы равен 1,21, производим вычисления в соответствии с формулой 1.28:

$$П = 70\ 000\ т \cdot 21\ руб./т \cdot 1,21 \cdot 1,6 = 2845920\ руб.$$

Для справки: *на НчГРЭС валовый выброс загрязняющих веществ (предприятие 1 класса опасности) в 2009 г. составил 98,257 тыс. т/год (93,8% от всех выбросов от стационарных источников города)*

НчГРЭС - третья по мощности и вторая по объему выбросов загрязняющих веществ; 1% всех выбросов в РФ и более 50% - в Ростовской области. На Новочеркасск приходится 99%.

Пример 2. Выбросы предприятия оборонного промышленного комплекса (ОПК), расположенного в Московской области, фактически составили: по диоксиду серы - 15 т/год; по диоксиду азота - 8 т/год; по летучей золе - 36 т/год; по бенз(а)пирену - 1,5 кг/год. Предприятию установлены ПДВ по диоксиду серы – 10 т/год; по диоксиду азота - 5 т/год; по летучей золе - 45 т/год; по бенз(а)пирену - 1 кг/год. Превышение предельно допустимых величин является временно согласованным нормативом для указанного предприятия.

Определить платежи по каждому загрязнителю отдельно и общую плату за негативное воздействие на ОПС.

Решение. Воспользуемся формулой 1.27:

$$П^{атм.} = \left(C_{Н}^{атм.} \cdot M_{Н}^{атм.} + C_{Л}^{атм.} \cdot \left(M_{Л}^{атм.} - M_{Н}^{атм.}\right)\right) \cdot K_{Э}^{атм.} \cdot K_{И}$$

П (SO_2) = (21 · 10 + 5 · 105) · 1,9 · 1,21 = 1689,77 руб.
П (NO_2) = (52 · 5 + 3 · 260) · 1,9 · 1,79 = 3537,04 руб.
П (л.з.) = 36 · 103 · 1,9 · 1,46 = 10285,99 руб.
П б(а)п = (2049801 · 0,001 + 10249005 · 0,005) ·1,9 · 1,46 = 147839,85 руб.
П общ. = 1689,77+ 3537,04 + 10285,99 + 147839,85 = 163352,65 руб.

Задачи для самостоятельного решения

1. Максимальная приземная концентрация SO_2 зафиксирована на расстоянии 570 м от источника выбросов по ветровой оси. На каком расстоянии следует ожидать максимальную приземную концентрацию летучей золы, выбрасываемой тем же источником?

2. Максимальная приземная концентрация летучей золы зафиксирована на расстоянии 270 м от источника выбросов по ветровой оси. На каком расстоянии следует ожидать максимальную приземную концентрацию NO_2, выбрасываемого тем же источником?

3. Как будут отличаться максимальные приземные концентрации диоксида серы и летучей золы, которые поступают в атмосферу из одного источника загрязнения, учитывая, что масса летучей золы в 3 раза превышает массу диоксида серы?

4. Из дымовой трубы выбрасываются в единицу времени равные количества SO_2 и летучей золы. Как будут отличаться максимальные приземные концентрации (C_M) для этих веществ: 1) будут одинаковыми; 2) для SO_2 будет в 2 раза больше; 3) для SO_2 будет в 2 раза меньше; 4) для SO_2 будет в 3 раза больше; 5) для SO_2 будет в 3 раза меньше?

5. Максимальная приземная концентрация, равная 0,54 мг/м^3, зафиксирована на расстоянии 510 м от источника выброса по ветровой оси. Какой будет приземная концентрация на удалении 300 м?

6. Максимальная приземная концентрация, равная 0,63 мг/м^3, зафиксирована на расстоянии 660 м от источника выброса по ветровой оси. Какой будет приземная концентрация на удалении 450 м?

7. Максимальная приземная концентрация, равная 0,34 мг/м^3, зафиксирована на расстоянии 400 м от источника выброса по ветровой оси. Какой будет приземная концентрация на удалении 500 м?

8. Как будут отличаться максимальные концентрации загрязняющих веществ от идентичных источников выбросов, расположенных в Калужской и Читинской областях?

9. Из дымовой трубы выбрасываются в единицу времени равные количества NO_2 и SO_2. Как будут отличаться максимальные приземные концентрации (C_M) для этих веществ?

10. Максимальная приземная концентрация NO_2, равная 0,74 мг/м^3, зафиксирована на расстоянии 300 м от источника выброса по ветровой оси. Какой будет приземная концентрация NO_2 в точке, расположенной на линии, перпендикулярной ветровой оси с координатами x= 200 м, y = 30 м? Опасная скорость ветра составляет 3,5 м/с.

11. Максимальная приземная концентрация SO_2, равная 0,61 мг/м^3, зафиксирована на расстоянии 460 м от источника выброса по ветровой оси. Какой будет приземная концентрация SO_2 в точке, расположенной на линии, перпендикулярной ветровой оси с координатами x= 600 м, y = 25 м? Скорость ветра – 3,2 м/с.

12. Максимальная приземная концентрация NO_2, равная 0,59 мг/м^3, зафиксирована на расстоянии 500 м от источника выброса по ветровой оси. Какой будет приземная концентрация NO_2 в точке, расположенной на линии, перпендикулярной ветровой оси с координатами x= 350 м, y = 40 м? Скорость ветра – 4,2 м/с.

13. Содержание SO_2 и NO_2 в атмосферном воздухе составляет соответственно 0,26 мг/м^3 и 0,08 мг/м^3. Время воздействия 20 минут. Допустимо ли такое содержание примесей с точки зрения санитарно-гигиенических требований?

14. Содержание NO_2 и летучей золы в атмосферном воздухе составляет соответственно 0,22 мг/м^3 и 0,18 мг/м^3. Время воздействия 20 минут. Допустимо ли такое содержание примесей с точки зрения санитарно-гигиенических требований?

15. Содержание SO_2 и летучей золы в атмосферном воздухе составляет соответственно 0,45 мг/м^3 и 0,31 мг/м^3. Время воздействия 20 минут. Допустимо ли такое содержание примесей с точки зрения санитарно-гигиенических требований?

16. Содержание фенола и SO_2 в атмосферном воздухе составляет соответственно 0,0047 мг/м^3 и 0,25 мг/м^3? Время воздействия 20 минут. Допустимо ли такое содержание примесей с точки зрения санитарно-гигиенических требований?

17. Какие вещества, выходя из устья дымовой трубы, быстрее достигают поверхности земли: 1) диоксид серы; 2) монооксид углерода; 3) диоксид азота; 4) летучая зола; 5) угольная пыль?

18. При каком коэффициенте избытка воздуха достигается наиболее полное сгорание топлива: 1) 0,2; 2) 0,5; 3) 0,9; 4) 1,0; 5) 1,3?

19. Чему будет равно $C^{ПДВ}_{М}$, если $C_Ф$ = $ПДК_{М.Р.}$?

20. Определить ПДВ для диоксида серы и диоксида азота, которые планируется выбрасывать без очистки через трубу высотой 50 м с диаметром устья 2 м. Объем отходящих газов, приведенный к их температуре составляет 45 $м^3$/с. Температура отходящих газов 110°С, их скорость на выходе из устья трубы составляет 15 м/с. Массовые доли загрязняющих веществ соответственно 70 и 30 %. Предприятие расположено в г. Воронеже на ровной слабопересеченной местности. Фоновая концентрация диоксида серы соответствует 0,6$ПДК_{С.С.}$, а диоксида азота – $ПДК_{С.С.}$.

21. В какое время года наблюдается наибольшая приземная концентрация загрязняющего вещества от одиночного источника выбросов при всех прочих равных условиях: 1) в середине зимы; 2) весной; 3) в середине лета; 4) осенью; 5) от сезона не зависит?

22. Выбросы предприятия фактически составили: по диоксиду серы - 35 т/год; по диоксиду азота - 38 т/год; по летучей золе - 106 т/год; по аммиаку - 0,8 кг/год. Предприятию установлены ПДВ по диоксиду серы – 15 т/год; по диоксиду азота - 25 т/год; по летучей золе - 59 т/год; по аммиаку – 0,1 кг/год. Определить платежи по каждому загрязнителю отдельно и общую плату за негативное воздействие на ОПС.

23. Выбросы предприятия фактически составили: по диоксиду серы - 23 т/год; по диоксиду азота - 7 т/год; по летучей золе - 69 т/год; по оксиду углерода - 89 т/год. Предприятию установлены ПДВ по диоксиду серы – 8 т/год; по диоксиду азота - 4 т/год; по летучей золе - 45 т/год; по оксиду углерода - 18 т/год. Определить платежи по каждому загрязнителю отдельно и общую плату за негативное воздействие на ОПС.

1.3. Расчет загрязняющих веществ, поступающих в атмосферный воздух от передвижных источников

1.3.1. Расчет массы выброса загрязняющих веществ, движущимся автотранспортом на автомагистрали с фиксированной протяженностью

Загрязнение атмосферы городов напрямую зависит от количества автотранспорта и организации его движения. Автотранспорт привносит более половины воздушных загрязнений на территории большинства населенных пунктов. Поэтому при составлении экологического паспорта населенного пункта учитывается масса загрязняющих веществ, поступающих в атмосферу городов с газовыми выбросами автотранспорта.

Для определения массы выброса, i -того загрязняющего вещества (г/с) движущимся автотранспортным потоком на автомагистрали (или ее участке) с фиксированной протяженностью L (км) используют формулу (данная методика расчета пересматривается, в ближайшее время в нее будут внесены изменения):

$$M_L = \frac{L}{3600} \cdot \sum_{1}^{k} M_{k,i}^{n} \cdot G_k \cdot r_{V_{k,i}} \qquad (1.29)$$

где $M^{n}_{k,i}$ - пробеговый выброс *i*-того вредного вещества автомобилями k-той группы для городских условий эксплуатации, определяемый по табл. 1.6, г/км;

G_k - фактическая наибольшая интенсивность движения, т.е. количество автомобилей каждой из k-той групп, проходящих через фиксированное сечение выбранного участка автомагистрали в единицу времени, 1 / час;

$r_{V_{k,i}}$ - поправочный коэффициент, учитывающий среднюю скорость движения транспортного потока, находится в зависимости от средней скорости автомобиля по табл. 1.7

На практике фактическую интенсивность (G_k) устанавливают на основании информации ГИБДД и управлений архитектуры городов. Она приблизительно составляет:

- для городов с населением до 500 тыс. человек - магистрали с интенсивностью движения в среднем более 200 – 300 автомобилей в час;

- для городов с населением более 500 тыс. человек - магистрали с интенсивностью движения в среднем более 400 – 500 автомобилей в час.

Таблица 1.6 – Значение пробеговых выбросов для различных групп автомобилей

Наименование группы автомобилей	№ групп	Выбросы, г/км							
		CO	NO_X в пересчете на NO_2	CH	Сажа	SO_2	Формальдегид	Соединения свинца	Бенз/а/пирен
Легковые	I	19,0	1,8	2,1	-	0,065	0,006	0,019	$1,7\cdot10^{-6}$
Легковые дизельные	ID	2,0	1,3	0,25	0,1	0,21	0,003	-	-
Грузовые карбюраторные с грузоподъемностью до 3 т (в т.ч. работающие на сжиженном нефтяном газе) и микроавтобусы	II	69,4	2,9	11,5	-	0,20	0,020	0,026	$4,5\cdot10^{-6}$
Грузовые карбюраторные с грузоподъемностью более 3 т (в т.ч. работающие на сжиженном нефтяном газе)	III	75,0	5,2	13,4	-	0,22	0,022	0,033	$6,3\cdot10^{-6}$
Автобусы карбюраторные	IV	97,6	5,3	13,4	-	0,32	0,03	0,041	$6,4\cdot10^{-6}$
Грузовые дизельные	V	8,5	7,7	6,0	0,3	1,25	0,21	-	$6,5\cdot10^{-6}$

Автобусы дизельные	VI	8,8	8,0	6,5	0,3	1,45	0,31	-	$6{,}7\cdot10^{-6}$
Грузовые газобаллонные, работающие на сжатом природном газе	VII	39,0	2,6	1,3	-	0,18	0,002	-	$2{,}0\cdot10^{-6}$

II – ГАЗ-51-53, УАЗы, «Газель», РАФ и др.; III – ЗИЛы, Урал и др.; IV – ПАЗ, ЛАЗ, ЛИАЗ

Таблица 1.7 - Значения поправочного коэффициента, учитывающего среднюю скорость движения транспортного потока

V,км/час	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60	75	80	100
$r_{V_{k,i}}$	1,35	1,28	1,2	1,1	1,0	0,88	0,75	0,63	0,5	0,3	0,45	0,5	0,65

* для NO_2 значение $r_{V_{k,i}}$ принимается постоянным и равным 1 до V= 80 км/час.

Пример 1. В населенном пункте с численностью 362 тыс. человек по центральной магистрали длиной L = 3000 м (3 км) проходит в среднем 240 автомобилей в час. Из них 72,92 % приходится на автомобили I группы, 16,25 % на автобусы IV группы и 10,83 % - на автотранспорт II группы. Средняя скорость движения автомобилей но автомагистрали составляет 40 км/час. Определить массу каждого загрязняющего вещества, выбрасываемого автотранспортом за 1 час над территорией рассматриваемой автомагистрали,

Решение.

1. Определим количество автомобилей k-той группы, проходящее по автомагистрали за час:

автомобили I –ой группы: $G_k = (240 \cdot 72{,}92\%)/100\% = 175$;

автомобили II –ой группы $G_k = (240 \cdot 10{,}83\%)/100\% = 26$;

автомобили IV-ой группы: $G_k = (240 \cdot 16{,}25\%)/100\% = 39$;

2. По формуле (1.21) рассчитываем массу каждого загрязняющего вещества для каждой группы автомобилей. Расчеты сводим в таблицу 1.8.

Расчет количества загрязняющих веществ по группам автомобилей при L = 3 км и $r_{V_{k,i}} = 0{,}75$ (для всех веществ, кроме NO_2, где $r_{V_{k,i}} = 1{,}0$)

Таблица 1.8 - Количества загрязняющих веществ по группам автомобилей

Наименование группы автомобилей	G_k	Выбросы M_L, г/с							
		CO	NO_x в пересчёте на NO_2	CH	Сажа	SO_2	Формальдегид	Соединения свинца	Бенз/а/пирен
Легковые (I)	175	2,078	0,263	0,23	–	0,007	0,0007	0,002	$0{,}9\cdot10^{-7}$
Грузовые карбюраторные с грузоподъемностью до 3 т и микроавтобусы (II)	26	1,128	0,063	0,187	–	0,003	0,0003	0,0004	$7{,}4\cdot10^{-8}$
Автобусы карбюраторные (IV)	39	2,379	0,172	0,327	–	0,0078	0,0007	0,001	$1{,}5\cdot10^{-7}$
Всего	240	5,585	0,498	0,744	–	0,0178	0,0017	0,0034	$4{,}14\cdot10^{-7}$

1.3.2. Расчет массы выбросов загрязняющих веществ легковыми автомобилями с определенным рабочим объемом двигателя

При нахождении массы выбросов (г, т) загрязняющих веществ легковыми автомобилями с определенным рабочим объемом двигателя при движении по территории населенных пунктов используют формулу (1.30):

$$M_{ij} = m_{ij} \cdot L_{ij} \cdot K_{ij} \qquad (1.30)$$

где m_{ij} - пробеговый выброс *i*-го загрязняющего вещества легковым автомобилем с двигателем *j*-го рабочего объема при движении в пределах территории рассматриваемого населенного пункта, г/км (табл. 1.9);

L_{ij} - суммарный пробег легковых автомобилей с двигателями *j*-го рабочего объема по территории населенных пунктов, (суммарный пробег может определяться на основании данных учета (отчетности) или обработки результатов выборочных обследований (опросов)), км/год;

K_{ij} - коэффициент, учитывающий изменение выбросов загрязняющих веществ при движении по территории населенных пунктов (табл. 1.10).

Значения этого коэффициента зависят от типа населенного пункта, в котором данный вид автотранспорта эксплуатируется, т.е. от численности населения данной местности.

При расчете массы загрязняющих веществ от легкового автомобиля, эксплуатация которого происходит вне городской территории, в формуле (1.30) коэффициент K_{ij} не учитывается и формула имеет вид:

$$M_{ij}' = m_{ij}' \cdot L_{ij}' \qquad (1.31)$$

где m_{ij}' - пробеговый выброс *i*-го загрязняющего вещества легковым автомобилем с двигателем *j*-го рабочего объема при движении вне населенных пунктов, г/км (табл. 1.11);

L_{ij}' - суммарный пробег легковых автомобилей с двигателями *j*-го рабочего объема по территории вне населенных пунктов, км/год.

Суммарный массовый выброс *i*-го загрязняющего вещества легковыми автомобилями с учетом их среднегодового пробега как по территории населенного пункта, так и за ее пределами, рассчитывают по формуле:

$$M_{Лi} = \sum_{j=1}^{3} \left(M_{ij} + M_{ij}' \right) \cdot K_{Ti} \qquad (1.32)$$

где K_{Ti} - коэффициент, учитывающий влияние технического состояния автомобилей на массовый выброс *i*-го загрязняющего вещества. В зависимости от вида загрязняющего вещества принимается по табл. 1.12.

При отсутствии данных о распределении пробега автомобилей в городских и загородных условиях и наличии данных об общем пробеге автомобиля L_j, пробег L_{ij} и L_{ij}' определяется по формулам:

легковые автомобили, принадлежащие индивидуальным владельцам:

в городах $L_{ij} = 0{,}6 \cdot L_j$; $L_{ij}' = 0{,}4 \cdot L_j$; (1.33)

в сельской местности $L_{ij} = 0{,}3 \cdot L_j$; $L_{ij}' = 0{,}7 \cdot L_j$; (1.34)

легковые автомобили, принадлежащие предприятиям и организациям:

в городах $L_{ij} = 0{,}9 \cdot L_j$; $L_{ij}' = 0{,}1 \cdot L_j$; (1.35)

в сельской местности $L_{ij} = 0{,}3 \cdot L_j$; $L_{ij}' = 0{,}7 \cdot L_j$. (1.36)

Таблица 1.9 – Пробеговые выбросы загрязняющих веществ легковыми автомобилями по территории населенных пунктов

Рабочий объем двигателя, л	Пробеговый выброс m_{ij}, г/км				
	CO	CH	NO_2	C	SO_2
менее 1,3	11,4	2,1	1,3	0	0,052
1,3 – 1,8	13	2,6	1,5	0	0,076
1,8 – 3,5	14	2,8	2,7	0	0,096

Примечание: Токсичность отработавших газов при работе двигателя на сжиженном нефтяном газе принимается равной токсичности отработавших газов при работе двигателя на бензине, выбросы соединений свинца отсутствуют.

Таблица 1.10 – Значения K_{ij} в зависимости от типа населенных пунктов

Тип населенных пунктов	Значение K_{ij}				
	CO	CH	NO_2	C	SO_2
Города с числом жителей более 1 млн. чел.	1,0	1,0	1,0	0	1,25
Города с числом жителей от 100 тыс. чел. до 1 млн. чел.	0,87	0,92	0,94	0	1,15
Города с числом жителей от 30 до 100 тыс. чел.	0,7	0,79	0,81	0	1,05
Прочие населенные пункты	0,41	0,59	0,6	0	1,00

Таблица 1.11 – Пробеговые выбросы загрязняющих веществ легковыми автомобилями при движении вне населенных пунктов

Рабочий объем двигателя, л	Пробеговый выброс m_{ij}', г/км				
	CO	CH	NO_2	C	SO_2
менее 1,3	4,8	1,2	2,3	0	0,052
1,3 – 1,8	5,5	1,5	2,7	0	0,076
1,8 – 3,5	6,0	1,6	4,0	0	0,096

Примечание: Токсичность отработавших газов при работе двигателя на сжиженном нефтяном газе принимается равной токсичности отработавших газов при работе двигателя на бензине, выбросы соединений свинца отсутствуют.

Таблица 1.12 - Коэффициент, учитывающий влияние технического состояния автомобилей на массовый выброс *i*-го загрязняющего вещества K_{Ti}

CO	CH	NO_2	SO_2
1,75	1,48	1,0	1,15

1.3.3. Расчет массы выбросов загрязняющих веществ грузовыми автомобилями

При нахождении массы выбросов (г, т) загрязняющих веществ грузовыми автомобилями с определенной грузоподъемностью и типом двигателя при движении по территории населенных пунктов, используют формулу (1.37):

$$M_{iks} = m_{iks} \cdot L_{iks} \cdot K_{ris} \cdot K_{nis} \qquad (1.37)$$

где m_{iks} - пробеговый выброс *i*-го загрязняющего вещества грузовыми автомобилями *k*-ой грузоподъемности с двигателем *s*-го типа при движении в пределах территории рассматриваемого населенного пункта, г/км (табл. 1.13);

L_{iks} - суммарный пробег грузовых автомобилей с двигателями *s*-го типа по территории населенных пунктов, (суммарный пробег может определяться на основании данных учета (отчетности) или обработки результатов выборочных обследований (опросов)), км/год;

K_{ris} - коэффициент, учитывающий изменение выбросов загрязняющих веществ при движении по территории населенных пунктов (табл. 1.14). Значения этого коэффициента зависят от типа населенного пункта, в котором данный вид автотранспорта эксплуатируется, т.е. от численности населения данной местности;

K_{nis} - коэффициент, учитывающий изменение пробегового выброса от уровня использования грузоподъемности и пробега (табл. 1.15, 1.16).

Таблица 1.13 - Пробеговые выбросы загрязняющих веществ при движении автомобилей по территории населенных пунктов.

Грузоподъемность автомобиля или автопоезда, т	Тип двигателя	Пробеговый выброс m_{iks}, г/км					
		CO	CH	NO_2	C	SO_2	Pb
0,5 – 2,0	Б	22,0	3,4	2,6	0	0,13	0,019
2,0 – 5,0	Б	52,6	4,7	5,1	0	0,16	0,023
	Г	26,8	2,7	5,1	0	0,14	0
	Д	2,8	1,1	8,2	0,5	0,96	0
5,0 – 8,0	Б	73,2	5,5	9,2	0	0,19	0,029
	Г	37,4	4,4	9,2	0	0,17	0
	Д	3,2	1,3	11,4	0,8	1,03	0
8,0 – 16,0	Б	97,8	8,2	10,0	0	0,26	0,038
	Д	3,9	1,6	13,4	1,0	1,28	0

более 16,0	Д	4,5	1,8	16,4	1,1	1,47	0

Примечание: Б – бензиновый, Д – дизельный, Г – газовый (сжатый газ)

1. Токсичность отработавших газов при работе двигателя на сжиженном нефтяном газе принимается равной токсичности отработавших газов при работе двигателя на бензине, выбросы свинца отсутствуют.
2. Выбросы свинца рассчитываются только при использовании этилированного бензина.

Таблица 1.14 – Значения K_{ris} в зависимости от типа населенных пунктов.

Тип населенных пунктов	Значение K_{ris}								
	CO		CH		NO_2		C	SO_2	Pb
	Б, Г	Д	Б, Г	Д	Б, Г	Д	Д	*Б, Г, Д*	Б
Города с числом жителей более 1 млн. чел.	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,25	1,25
Города с числом жителей от 100 тыс. чел. до 1 млн. чел.	0,89	0,95	0,85	0,93	0,79	0,92	0,8	1,15	1,15
Города с числом жителей от 30 до 100 тыс. чел.	0,74	0,83	0,70	0,80	0,69	0,82	0,5	1,05	1,05
Прочие населенные пункты	0,58	0,64	0,50	0,60	0,60	0,70	0,3	1,00	1,00

Таблица 1.15 – Значения K_{nis} для грузовых автомобилей с бензиновыми и газовыми двигателями.

Загрязняющее вещество	Коэффициент использования грузоподъемности, γ	Значение K_{nis} в зависимости от коэффициента использования пробега β						
		0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
CO	< 0,2	0,52	0,53	0,54	0,55	0,56	0,57	0,58
	0,2 – 0,4	0,56	0,58	0,61	0,63	0,65	0,67	0,70
	0,4 – 0,6	0,60	0,63	0,67	0,70	0,73	0,77	0,80
	0,6 – 0,8	0,64	0,68	0,73	0,77	0,81	0,86	0,90
	0,8 – 1,0	0,68	0,73	0,79	0,84	0,89	0,95	1,00
CH	< 0,2	0,80	0,81	0,81	0,82	0,82	0,83	0,84
	0,2 – 0,4	0,81	0,83	0,83	0,85	0,86	0,86	0,88
	0,4 – 0,6	0,83	0,85	0,86	0,88	0,89	0,90	0,92
	0,6 – 0,8	0,85	0,87	0,88	0,91	0,92	0,94	0,96
	0,8 – 1,0	0,87	0,89	0,91	0,94	0,96	0,98	1,00

Загрязняющее вещество	Коэффициент использования грузоподъемности, γ	Значение K_{nis} в зависимости от коэффициента использования пробега β						
		0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
NO_2	< 0,2	0,48	0,50	0,51	0,52	0,53	0,54	0,56
	0,2 – 0,4	0,53	0,56	0,58	0,60	0,62	0,64	0,67
	0,4 – 0,6	0,57	0,61	0,64	0,68	0,71	0,74	0,78
	0,6 – 0,8	0,62	0,67	0,71	0,76	0,80	0,84	0,89
	0,8 – 1,0	0,67	0,72	0,78	0,83	0,89	0,94	1,00
SO_2	< 0,2	1,02	1,03	1,03	1,04	1,04	1,05	1,05
	0,2 – 0,4	1,06	1,08	1,10	1,11	1,13	1,15	1,16
	0,4 – 0,6	1,11	1,14	1,16	1,19	1,22	1,24	1,27
	0,6 – 0,8	1,15	1,19	1,23	1,27	1,30	1,34	1,38
	0,8 – 1,0	1,20	1,24	1,29	1,34	1,39	1,44	1,49
Pb	< 0,2	1,02	1,03	1,03	1,04	1,04	1,05	1,05
	0,2 – 0,4	1,06	1,08	1,10	1,11	1,13	1,15	1,16
	0,4 – 0,6	1,11	1,14	1,16	1,19	1,22	1,24	1,27
	0,6 – 0,8	1,15	1,19	1,23	1,27	1,30	1,34	1,38
	0,8 – 1,0	1,20	1,24	1,29	1,34	1,39	1,44	1,49

Таблица 1.16 – Значения K_{nis} для грузовых автомобилей с дизелем.

Загрязняющее вещество	Коэффициент использования грузоподъемности, γ	Значение K_{nis} в зависимости от коэффициента использования пробега β						
		0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
CO	< 0,2	0,51	0,52	0,53	0,54	0,55	0,56	0,57
	0,2 – 0,4	0,55	0,57	0,60	0,62	0,64	0,66	0,68
	0,4 – 0,6	0,60	0,63	0,66	0,69	0,72	0,76	0,78
	0,6 – 0,8	0,64	0,68	0,72	0,77	0,81	0,86	0,89
	0,8 – 1,0	0,68	0,73	0,79	0,84	0,89	0,96	1,00
CH	< 0,2	0,63	0,64	0,65	0,66	0,67	0,67	0,68
	0,2 – 0,4	0,66	0,68	0,70	0,71	0,73	0,74	0,76
	0,4 – 0,6	0,70	0,72	0,74	0,76	0,79	0,81	0,84
	0,6 – 0,8	0,73	0,76	0,79	0,82	0,85	0,88	0,92
	0,8 – 1,0	0,76	0,80	0,84	0,88	0,91	0,95	1,00
NO_2	< 0,2	0,75	0,75	0,76	0,76	0,76	0,77	0,77
	0,2 – 0,4	0,77	0,77	0,78	0,79	0,79	0,80	0,81
	0,4 – 0,6	0,79	0,80	0,82	0,83	0,84	0,85	0,87
	0,6 – 0,8	0,81	0,82	0,84	0,87	0,89	0,91	0,93
	0,8 – 1,0	0,83	0,86	0,89	0,92	0,94	0,97	1,00

Загрязняющее вещество	Коэффициент использования грузоподъемности, γ	Значение K_{nis} в зависимости от коэффициента использования пробега β						
		0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
SO_2	< 0,2	1,02	1,03	1,04	1,04	1,05	1,05	1,06
	0,2 – 0,4	1,07	1,09	1,10	1,12	1,14	1,16	1,18
	0,4 – 0,6	1,12	1,15	1,18	1,20	1,23	1,26	1,29
	0,6 – 0,8	1,16	1,20	1,25	1,29	1,33	1,37	1,41
	0,8 – 1,0	1,21	1,26	1,32	1,37	1,42	1,48	1,53
C	< 0,2	0,25	0,35	0,36	0,36	0,36	0,37	0,38
	0,2 – 0,4	0,38	0,39	0,40	0,41	0,42	0,43	0,44
	0,4 – 0,6	0,43	0,46	0,49	0,51	0,53	0,56	0,58
	0,6 – 0,8	0,50	0,54	0,58	0,63	0,67	0,71	0,75
	0,8 – 1,0	0,60	0,66	0,73	0,80	0,86	0,93	1,00

Примечание к таблицам 2.7 и 2.8:

1. При отсутствии данных о фактических значениях γ и β принимается:
- для городских перевозок и перевозок сельскохозяйственных грузов γ = 0,6-0,8; β = 0,5;
- для междугородных перевозок γ = 0,8-1,0; β = 0,7.
2. Выбросы свинца рассчитываются только при использовании этилированного бензина.

Масса выбросов загрязняющих веществ грузовыми (специальными) автомобилями с определенной грузоподъемностью и типом двигателя при движении вне населенных пунктов рассчитываются по формуле (1.30):

$$M_{iks}' = m_{iks}' \cdot L_{iks}' \cdot K_{nis} \qquad (1.30)$$

где m_{iks}' - пробеговый выброс *i*-го загрязняющего вещества грузовыми автомобилями *k*-ой грузоподъемности с двигателем *s*-го типа при движении вне населенного пункта, г/км (табл. 2.9);

L_{iks}' - суммарный пробег грузовых автомобилей с двигателями *s*-го типа по территории вне населенных пунктов, км/год;

K_{nis} - коэффициент, учитывающий изменение пробегового выброса от уровня использования грузоподъемности и пробега (табл. 2.7, 2.8).

Таблица 2.9 Пробеговые выбросы загрязняющих веществ при движении автомобилей по территории населенных пунктов.

Грузоподъемность автомобиля или автопоезда, т	Тип двигателя	Пробеговый выброс m_{iks}', г/км					
		CO	CH	NO_2	C	SO_2	Pb
0,5 – 2,0	Б	15,2	1,9	2,1	0	0,13	0,019
2,0 – 5,0	Б	26,3	2,6	4,1	0	0,16	0,023

Грузоподъемность автомобиля или автопоезда, т	Тип двигателя	Пробеговый выброс m_{iks}', г/км					
		CO	CH	NO_2	C	SO_2	Pb
	Г	13,1	1,5	4,1	0	0,14	0
	Д	2,5	0,8	6,9	0,1	0,96	0
5,0 – 8,0	Б	40,8	4,1	8,0	0	0,19	0,029
	Г	20,2	2,4	8,0	0	0,17	0
	Д	2,6	1,2	9,1	0,2	1,03	0
8,0 – 16,0	Б	50,5	4,5	8,5	0	0,26	0,038
	Д	3,2	1,4	10,7	0,2	1,28	0
более 16,0	Д	3,6	1,5	13,1	0,3	1,47	0

Примечание: Б – бензиновый, Д – дизельный, Г – газовый (сжатый газ)

1. Токсичность отработавших газов при работе двигателя на сжиженном нефтяном газе принимается равной токсичности отработавших газов при работе двигателя на бензине, выбросы свинца отсутствуют.
2. Выбросы свинца рассчитываются только при использовании этилированного бензина.

Суммарный массовый выброс *i*-го загрязняющего вещества грузовыми автомобилями с учетом их среднегодового пробега, как по территории населенного пункта, так и за ее пределами, рассчитывают по формуле (2.5):

$$M_{Гi} = \sum_{k=1}^{5} \sum_{s=1}^{3} \left(M_{iks} + M_{iks}' \right) \cdot K_{Ti} \qquad (2.5)$$

где K_{Ti} - коэффициент, учитывающий влияние технического состояния автомобилей на массовый выброс *i*-го загрязняющего вещества. В зависимости от вида загрязняющего вещества принимается по табл. 2.10.

При отсутствии данных о распределении пробега грузовых автомобилей в городских и загородных условиях и наличии данных об общем пробеге автомобиля L_{ks}, пробег L_{iks} и L_{iks}' определяется по формулам:

городские перевозки $L_{iks} = 0{,}9 \cdot L_{ks}$; $L_{iks}' = 0{,}1 \cdot L_{ks}$;

прочие перевозки $L_{iks} = 0{,}2 \cdot L_{ks}$; $L_{iks}' = 0{,}8 \cdot L_{ks}$

Таблица 2.10 - Коэффициент, учитывающий влияние технического состояния автомобилей на массовый выброс *i*-го загрязняющего вещества K_{Ti}.

Для грузовых автомобилей с бензиновыми и газовыми двигателями				
CO	CH	NO_2	SO_2	Pb
2,0	1,83	1,0	1,15	1,15
Для грузовых автомобилей с дизельными двигателями				
CO	CH	NO_2	SO_2	C
1,6	2,1	1,0	1,15	1,9

1.3.4. Расчет массы выбросов загрязняющих веществ автобусами

При нахождении массы выбросов (г, т) загрязняющих веществ междугородными, пригородными и туристскими автобусами определенного класса с определенным типом двигателя при движении по территории населенных пунктов, используют формулу (2.6):

$$M_{1ims} = m_{1ims} \cdot L_{1ims} \cdot K_{ris} \cdot K_{нis} \qquad (2.6)$$

где m_{1ims} - пробеговый выброс *i*-го загрязняющего вещества автобусами *m*-ого класса с двигателем *s*-го типа при движении в пределах территории рассматриваемого населенного пункта, г/км (табл. 2.11);

L_{1ims} - суммарный пробег автобусов *m*-ого класса с двигателями *s*-го типа по территории населенных пунктов, (суммарный пробег может определяться на основании данных учета (отчетности) или обработки результатов выборочных обследований (опросов)), км/год;

K_{ris} - коэффициент, учитывающий изменение выбросов загрязняющих веществ при движении по территории населенных пунктов (табл. 2.12). Значения этого коэффициента зависят от типа населенного пункта, в котором данный вид автотранспорта эксплуатируется, т.е. от численности населения данной местности;

$K_{нis}$ - коэффициент, учитывающий изменение пробегового выброса от вида перевозок и типа двигателя автобуса (табл. 2.13).

Масса выброса загрязняющих веществ маршрутными городскими автобусами определенного класса с определенным типом двигателя при движении по территории населенных пунктов находится по формуле (2.7):

$$M_{2ims} = K_р \cdot m_{1ims} \cdot L_{2ims} \cdot K_{ris} \cdot K_{нis} \qquad (2.7)$$

где $K_р$ – коэффициент, учитывающий изменения выбросов загрязняющих веществ при движении маршрутных городских автобусов по территории населенных пунктов (для CO, CH, NO_2, C $K_р$ = 1,4, а для SO_2, Pb коэффициент $K_р$ = 1,1);

L_{2ims} - суммарный пробег автобусов *m*-ого класса с двигателями *s*-го типа по территории населенных пунктов, км/год.

Таблица 2.11 Пробеговые выбросы загрязняющих веществ при движении автобусов по территории населенных пунктов.

Класс автобуса (L – габаритная длина, м)	Тип двигателя	Пробеговый выброс m_{1ims}, г/км					
		CO	CH	NO_2	C	SO_2	Pb
Особо малый L < 5	Б	13,5	2,9	3,0	0	0,09	0,031
Малый 6,0<L<7,5	Б	44,0	3,4	6,1	0	0,18	0,028
Средний	Б	67,1	5,0	9,9	0	0,25	0,037

Класс автобуса (L – габаритная длина, м)	Тип двигателя	Пробеговый выброс m_{1ims}, г/км					
		CO	CH	NO_2	C	SO_2	Pb
8,0<L<9,5	Д	4,5	1,4	9,1	0,8	0,90	0
Большой 10,5<L<12,0	Б Д	104,0 4,9	7,7 1,6	10,4 10,0	0 1,0	0,32 1,23	0,047 0
Особо большой L > 12	Д	5,0	1,6	11,0	1,1	1,65	0

Примечание: Б – бензиновый, Д – дизельный

Таблица 2.12 – Значения K_{ris} в зависимости от типа населенных пунктов.

Тип населенных пунктов	Значение K_{ris}								
	CO		CH		NO_2		C	SO_2	Pb
	Б	Д	Б	Д	Б	Д	Д	*Б, Г, Д*	Б
Города с числом жителей более 1 млн. чел.	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,25	1,25
Города с числом жителей от 100 тыс. чел. до 1 млн. чел.	0,89	0,95	0,85	0,93	0,79	0,92	0,8	1,15	1,15
Города с числом жителей от 30 до 100 тыс. чел.	0,74	0,83	0,70	0,80	0,69	0,82	0,5	1,05	1,05
Прочие населенные пункты	0,58	0,64	0,50	0,60	0,60	0,70	0,3	1,00	1,00

Таблица 2.13 – Значения коэффициента $K_{нis}$ в зависимости от вида перевозок и типа двигателя.

Вид перевозок	Тип двигателя	Значения $K_{нis}$					
		CO	CH	NO_2	C	SO_2	Pb
Городские и пригородные	Б Д	0,9 0,89	0,96 0,92	0,89 0,93	0 0,75	1,3 1,3	1,3 0
Междугородные и туристские	Б Д	0,7 0,68	0,88 0,76	0,67 0,81	0 0,44	1,1 1,1	1,1 0

Масса выбросов загрязняющих веществ автобусами определенного класса и с определенным типом двигателя при движении вне населенных пунктов рассчитываются по формуле (2.8):

$$M_{1ims}' = m_{1ims}' \cdot L_{1ims}' \cdot K_{нis} \qquad (2.8)$$

где m_{1ims}' - пробеговый выброс *i*-го загрязняющего вещества автобусами *m*-ого класса с двигателем *s*-го типа при движении в пределах территории рассматриваемого населенного пункта, г/км (табл. 2.14);

L_{1ims}' - суммарный пробег автобусов *m*-ого класса с двигателями *s*-го типа по территории населенных пунктов, (суммарный пробег может определяться на основании данных учета (отчетности) или обработки результатов выборочных обследований (опросов)), км/год;

$K_{нis}$ - коэффициент, учитывающий изменение пробегового выброса от вида перевозок и типа двигателя автобуса (табл. 2.13).

Таблица 2.14 Пробеговые выбросы загрязняющих веществ при движении автобусов по территории населенных пунктов.

Класс автобуса (L – габаритная длина, м)	Тип двигателя	Пробеговый выброс m_{1ims}', г/км					
		CO	CH	NO_2	C	SO_2	Pb
Особо малый L < 5	Б	6,0	1,6	4,0	0	0,09	0,031
Малый 6,0<L<7,5	Б	24,0	2,3	5,0	0	0,18	0,028
Средний 8,0<L<9,5	Б Д	34,0 3,3	3,9 1,2	8,2 8,0	0 0,2	0,25 0,90	0,037 0
Большой 10,5<L<12,0	Б Д	62,0 3,5	4,6 1,3	9,5 18,0	0 0,3	0,32 1,23	0,047 0
Особо большой L > 12	Д	3,5	1,3	18,8	0,3	1,65	0

Примечание: Б – бензиновый, Д – дизельный

Суммарный массовый выброс *i*-го загрязняющего вещества автобусами с учетом их среднегодового пробега, как по территории населенного пункта, так и за ее пределами, рассчитывают по формуле (2.9):

$$M_{Ai} = \sum_{m=1}^{5} \sum_{s=1}^{3} \left(M_{1ims} + M_{2ims} + M_{1ims}' \right) \cdot K_{Ti} \qquad (2.9)$$

где K_{Ti} - коэффициент, учитывающий влияние технического состояния автобусов на массовый выброс *i*-го загрязняющего вещества. В зависимости от вида загрязняющего вещества принимается по табл. 2.15.

При отсутствии данных о распределении пробега автобусов в городских и загородных условиях и наличии данных об общем пробеге автомобиля L_{ms}, пробег L_{1ims} L_{2ims} и L_{1ims}' определяется по формулам:

городские перевозки $L_{2ims} = L_{ms}$

пригородные, туристские перевозки $L_{1ims} = 0{,}7 \cdot L_{ms}$; $L_{1ims}' = 0{,}3 \cdot L_{ms}$;

междугородные перевозки $L_{1ims} = 0{,}2 \cdot L_{ms}$; $L_{1ims}' = 0{,}8 \cdot L_{ms}$

перевозки в сельской местности

вахтовые перевозки $L_{1ims} = 0{,}3 \cdot L_{ms}$; $L_{1ims}' = 0{,}7 \cdot L_{ms}$.

Таблица 2.15 - Коэффициент, учитывающий влияние технического состояния автомобилей на массовый выброс *i*-го загрязняющего вещества K_{Ti}.

Для автобусов с бензиновыми двигателями				
CO	CH	NO_2	SO_2	Pb
2,0	1,83	1,0	1,15	1,15
Для особо малого класса				
1,75	1,48	1,0	1,15	1,15
Для автобусов с дизельными двигателями				
CO	CH	NO_2	SO_2	C
1,6	2,1	1,0	1,15	1,9

Пример. Организация, которая располагается в городе с населением 350 тыс. человек, имеет: 5 легковых автомобилей, работающих на бензине АИ-93, которые имеют среднегодовой пробег 10000 км; 13 грузовых автомобилей с грузоподъемностью от 2 до 5 т, работающих на бензине А-76 и имеющих средний годовой пробег 30000 км; 2 средних автобуса, работающих на дизельном топливе и имеющих среднегодовой пробег 8000 км. Автобусы используются организацией для перевозок служащих в черте города. Оценить среднегодовой выброс CO от автотранспорта этой организации.

Решение:

1. Находим суммарную массу CO, поступающую в атмосферу от легковых автомобилей организации. Для этого определим среднегодовой пробег автомобилей по территории города и вне города. При отсутствии данных о распределении пробега автомобилей в городских и загородных условиях и наличии данных об общем пробеге автомобиля L_j, пробег L_{ij} и $L_{ij}^{/}$ определяется по формулам для легковых автомобилей, принадлежащим предприятиям и организациям, расположенных на территории города:

$$L_{ij} = 0{,}9 \cdot L_j = 0{,}9 \cdot 10000 = 9000\text{км}; \qquad L_{ij}' = 0{,}1 \cdot L_j = 0{,}1 \cdot 10000 = 1000\text{км};$$

Для нахождения массы выбросов (г, т) CO легковыми автомобилями с определенным рабочим объемом двигателя при движении по территории населенных пунктов, воспользуемся формулой:

$$M_{ij} = m_{ij} \cdot L_{ij} \cdot K_{ij} = 13 \cdot 9000 \cdot 0{,}37 \cdot 5 = 216450\text{кг/год} = 0{,}2165\text{т/год}$$

Для нахождения массы выбросов CO легковыми автомобилями организации при движении вне территории населенного пункта воспользуемся формулой:

$$M_{ij}' = m_{ij}' \cdot L_{ij}' = 13 \cdot 1000 \cdot 5 = 65000\text{г/год} = 0{,}065\text{т/год}$$

Для определения суммарного годового выброса CO от легковых автомобилей организации воспользуемся формулой:

$$M_{Лi} = \sum_{j=1}^{3}\left(M_{ij} + M_{ij}'\right) \cdot K_{Ti} = (0{,}2165 + 0{,}065) \cdot 1{,}75 = 0{,}493\text{т/год}$$

2. Находим массу CO, выбрасываемую в атмосферу от грузовых автомобилей организации. Для этого определим среднегодовой пробег грузовых автомобилей организации по территории города и вне его.

При отсутствии данных о распределении пробега грузовых автомобилей в городских и загородных условиях и наличии данных об общем пробеге автомобиляL_{ks}, пробег L_{iks} и $L_{iks}^{/}$ при городских перевозках определяется по формулам:

$L_{iks} = 0{,}9 \cdot L_{ks} = 0{,}9 \cdot 30000 = 27000$км; $L_{iks}' = 0{,}1 \cdot L_{ks} = 0{,}1 \cdot 30000 = 3000$км.

При нахождении массы выбросов (г, т) СО грузовыми автомобилями с определенной грузоподъемностью и типом двигателя при движении по территории населенного пункта, воспользуемся формулой (2.3):

$$M_{iks} = m_{iks} \cdot L_{iks} \cdot K_{ris} \cdot K_{nis} = 52{,}6 \cdot 27000 \cdot 0{,}89 \cdot 0{,}68 \cdot 13 = 11173565 \text{г/год} = 11{,}17 \text{т/год}$$

Масса выбросов СО грузовыми автомобилями с определенной грузоподъемностью и типом двигателя при движении вне населенных пунктов рассчитываются по формуле (2.4):

$$M_{iks}' = m_{iks}' \cdot L_{iks}' \cdot K_{nis} = 52{,}6 \cdot 3000 \cdot 0{,}68 \cdot 13 = 1394952 = 1{,}4 \text{т/год}$$

Суммарный массовый выброс СО грузовыми автомобилями с учетом их среднегодового пробега, как по территории населенного пункта, так и за ее пределами, рассчитывают по формуле (2.5):

$$M_{Гi} = \sum_{k=1}^{5} \sum_{s=1}^{3} \left(M_{iks} + M_{iks}' \right) \cdot K_{Ti} = (11{,}17 + 1{,}4) \cdot 2{,}0 = 25{,}14 \text{т/год}$$

3. Находим суммарную массу СО от автобусов рассматриваемой организации, которые работают на дизельном топливе.

При нахождении массы выбросов (г, т) СО автобусами рассматриваемой организации при движении по территории населенных пунктов, воспользуемся формулой (2.6):

$$M_{1ims} = m_{1ims} \cdot L_{1ims} \cdot K_{ris} \cdot K_{нis} = 4{,}5 \cdot 8000 \cdot 0{,}89 \cdot 0{,}89 \cdot 2 = 57031{,}2 \text{г/год} = 0{,}057 \text{т/год}$$

4. Суммарный среднегодовой выброс СО от автотранспорта рассматриваемой организации составит:

0,493 + 25,14 + 0,057 = 25,69 т/год.

1.3.5. Расчет платы за негативное воздействие на окружающую среду от передвижных источников

Определения платы за загрязнение атмосферы передвижными источниками производится исходя из количества израсходованного дизельного топлива, бензина и сжиженного газа.

При наличии на предприятии данных оперативного учета горюче-смазочных материалов (с разбивкой по маркам) плата за допустимые выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от передвижных источников определяется по формуле:

$$П_{Н}^{транс.} = \sum_{e=1}^{m} Y_e \cdot T_e, \qquad (1.29)$$

где Y_e – удельная плата за допустимые выбросы загрязняющих веществ, образующихся при использовании 1 тонны *е*-го вида топлива, руб. (табл. 2.13);

T_e – количество е-го вида топлива, израсходованного передвижным источником за отчетный период, т.

Если на предприятии отсутствуют данные оперативного учета горюче-смазочных материалов с разбивкой по маркам и расход низкооктанового бен-

зина А-80, как правило, значительно превышает расход высокооктановых марок бензина АИ-92, А-93, А-95 и А-98, в расчете следует применять ставку бензина марки А-80 равную 1,3 рубля за 1 тонну, а по дизельному топливу – 2,5 рубля за 1 тонну. При этом для перевода горюче-смазочных материалов из литров в килограммы используют следующие коэффициенты: для бензина – 0,78, для дизельного топлива – 0,84.

После расчета общей нормативной платы в деноминированных рублях ее обязательно умножают на коэффициент экологической ситуации и экологической значимости атмосферы в рассматриваемом регионе и на коэффициент индексации платы:

$$П = П_{н}^{транс.} \cdot К_{э} \cdot К_{и}, \qquad (1.30)$$

где $К_{э}$ – коэффициент экологической ситуациии и экологической значимости;

$К_{и}$ – коэффициент индексации (инфляции) платы (коэффициент индексации платы в 2010 году составляет 1,46 к уровню 2005 г.);

В случае расчета для особо охраняемых природных территорий, в том числе лечебно-оздоровительных местностей и курортов, а также для районов Крайнего Севера и приравненных к ним местностей, Байкальской природной территории и зон экологического бедствия умножают на дополнительный коэффициент 2, установленный пунктом 2 Постановления от 12 июня 2003 г. № 344.

Таблица 2.13 – Удельная плата за допустимые выбросы загрязняющих веществ, образующихся при использовании транспортными средствами различных видов топлива, руб./т (нормативы 2003 г.)

Наименование топлива	Единица измерения	Плата за 1 единицу измерения, руб.
Бензин неэтилированный	тонна	1,3
Дизельное топливо	тонна	2,5
Керосин	тонна	2,5
Сжатый природный газ	тысяча куб.метров	0,7
Сжиженный газ	тонна	0,9

Пример. Организация (предприятие) имеет в своем распоряжении 3 легковых автомобиля, работающих на бензине, 14 грузовых автомобилей, работающих на дизельном топливе и 5 автобусов, работающих на дизельном топливе. Количество израсходованного топлива за отчетный период (год), т/год: для легкового автомобиля – 7, для грузового - 175 и для автобуса – 120. Определить годовую плату за загрязнение окружающей среды транспортными средствами, которую выплачивает организация, расположенная в Северо-Западном районе РФ.

Решение. Из табл. Кэ = 1,5 для Северо-Западного района.

Определим нормативную плату за допустимые выбросы загрязняющих веществ по формуле: $П_{Н}^{транс.} = \sum_{e=1}^{m} Y_{e} \cdot T_{e}$ = 1,3·7·3 + 2,5·175·14 + 2,5·120·5 = 7652,30 руб./год.

Тогда годовая плата за загрязнение ОС, выплачиваемая организацией составит П = 7652,30 ·1,5·1,46 = 16758,54 руб.

Задачи для самостоятельного решения

1. В населенном пункте с численностью X тыс. человек по центральной магистрали длиной L км проходит в среднем N автомобилей в час. Средняя скорость движения автомобилей по автомагистрали составляет V км/час. Определить массу загрязняющих веществ, выбрасываемых автотранспортом за 1 час над территорией рассматриваемой автомагистрали. Долю автомобилей различной категории, движущихся по автомагистрали, смотри в табл. по вариантам задания.

№ варианта	Количество населения, X тыс. чел.	N, шт.	L, км	V, км/час	Категория автомобиля, (доля в %)							
					I	ІД	II	III	IV	V	VI	VII
1	330	280	3,5	65	21,43	-	28,57	14,29	28,57	-	7,14	-
2	260	250	2,5	40	72	8	12	8	-	-	-	-
3	180	200	3,4	45	50	-	25	10	10	-	5	-
4	200	220	2,8	50	45,45	-	22,73	9,09	13,64	9,09	-	-
5	500	400	6,1	60	50	-	30	7,5	5	-	7,5	-
6	430	410	4,3	35	46,34	-	24,39	14,63	-	9,76	4,88	-
7	440	390	4,0	30	35,90	-	25,64	17,94	10,26	10,26	-	-
8	450	385	2,0	40	48,05	3,12	9,86	12,99	12,99	12,99	-	-
9	610	510	2,1	45	41,18	5,88	19,61	9,80	9,80	13,73	-	-
10	320	380	3,0	50	44,74	2,63	13,16	13,16	21,05	-	5,26	-

2. Строительная организация, которая располагается в населенном пункте с населением 65 тыс. человек, имеет в своем распоряжении 3 легковых автомобиля, работающих на бензине, среднегодовой пробег легковых автомобилей по территории населенного пункта составляет 10000 км, а вне населенного пункта – 35000 км. Оценить среднегодовой выброс CO и SO_2 от автотранспорта этой организации.

3. В области зарегистрировано около 105000 легковых автомобилей, причем 70000 из них принадлежат индивидуальным владельцам, а 35000 – предприятиям и организациям. Среднегодовой пробег легковых автомобилей находящихся в индивидуальном пользовании, составляет 10000 км, а принадлежащих организациям – 30000 км. Определить массу SO_2 и NO_2 , выбрасываемую от этого автотранспорта за год (транспорт работает на бензине).

4. У гражданина Иванова в частной собственности находится легковой автомобиль с рабочим объемом двигателя 1,6 л, работающий на бензине. Среднегодовой пробег автомобиля по территории населенного пункта с численностью населения 150 тыс. человек составляет около 3000 км, а вне тер-

ритории населенного пункта – 25000 км. Определить массу загрязняющих веществ CO, NO_2 и CH, поступающих от автомобиля в течение года.

5. На автотранспортном предприятии, расположенном в городе с населением 750 тыс. человек, имеется 100 автомобилей-такси (рабочий объем двигателя 1,5 л), работающих на дизельном топливе, со среднегодовым пробегом 30000 км. Определить среднегодовое количество CO и NO_2, выбрасываемое автотранспортом названного АТП.

6. Автотранспортное предприятие имеет в своем распоряжении 2 легковых автомобиля (рабочий объем двигателя 1 – 0,8 л, 2 – 1,8 л), работающих на бензине, 10 грузовых автомобилей (грузоподъемностью 5-8 тонн) и 2 автобуса среднего размера, работающих на дизельном топливе. Количество израсходованного топлива за год: для легкового автомобиля – 77,4 т; для грузового – 150 т и для автобуса – 25 т. Определить годовую плату за загрязнение окружающей среды транспортными средствами, которую выплачивает организация, расположенная в Дальневосточном районе.

7. В городе, с численностью населения 400 тыс.чел., зарегистрировано около 207 тыс. легковых автомобилей, принадлежащих индивидуальным владельцам. Среднегодовой пробег автомобилей по городу составляет 250000 км. Определить массу CO и углеводородов, выбрасываемых автотранспортом за год, если принять рабочий объем двигателя 1,3-1,8 л.

8. Частное предприятие, расположенное в г.Тула, имеет в своем распоряжении 15 газелей для перевозки пассажиров. Десять газелей работают на сжиженном газе и расходуют 159,3 т/год топлива, 5 газелей работают на дизельном топливе и расходуют 78,5 т/год топлива. Определить годовую плату за загрязнение окружающей среды указанными транспортными средствами.

1.4. Расчет выбросов вредных веществ в атмосферу в результате сгорания на полигонах твердых бытовых отходов и размера предъявляемого иска

Сгорание твердых бытовых отходов (ТБО) рассматривается как аварийный выброс загрязняющих веществ в атмосферу, вследствие чего применяется десятикратный тариф к нормативам платы за допустимые выбросы загрязняющих веществ, установленный действующим порядком применения нормативов платы за загрязнение природной среды на территории Российской Федерации.

Расчетная насыпная масса одного $м^3$ ТБО принимается равной 0,25 т. Значения удельных выбросов загрязняющих веществ, поступающих в атмосферу в результате сгорания 1 т ТБО, и нормативы платы приведены в табл. 1.14.

Таблица 1.14 – Удельные выбросы загрязняющих веществ и нормативы платы

Загрязняющее веще-	Удельный выброс	Норматив платы за ава-

ство	(тонн вещества на 1 т ТБО)	рийный выброс (руб. за тонну)
Твердые частицы	0,00125	1100,5
Диоксид серы SO_2	0,003	3300,5
Оксиды азота NO_x	0,005	4102,5
Оксид углерода CO	0,025	54,5
Сажа	0,000625	3300,0

Данные о массе или объеме сгоревших ТБО принимаются по справке руководства полигона. Масса сгоревших ТБО определяется как произведение объема и расчетной насыпной массы ТБО (0,25 тонн на $м^3$). Для уточнения рекомендуется объем сгоревших ТБО определять как разницу между поступившими на свалку (полигон) и оставшимися после сгорания ТБО. Количество поступивших на полигон ТБО берется по учетной документации, а объем оставшихся (не сгоревших) ТБО определяется с помощью обмеров, принимая за начальные размеры проектные отметки.

Количество образовавшихся вредных веществ определяется как произведение массы сгоревших ТБО на величину удельного выброса, указанного в табл. 1.14, а размер платы за выброс этого вещества – умножением полученной массы на величину соответствующего норматива платы за аварийный выброс. Сумма иска за загрязнение атмосферного воздуха в результате сгорания ТБО определяется суммированием платежей за выбросы указанных в табл. 1.14 веществ.

При определении величины иска следует учитывать коэффициенты экологической ситуации и экологической значимости. В соответствии с «Порядком применения нормативов платы за загрязнение природной среды на территории РФ» эти коэффициенты могут увеличиваться для городов и крупных промышленных центров на 20 %, а в случае выбросов от пожаров на полигонах, расположенных в зонах экологического бедствия, районах Крайнего Севера, на территориях национальных парков, особо охраняемых и заповедных территориях, а также на территориях, подпадающих под действия международных конвенций, - в 2 раза.

Пример. Полигон расположен в черте города в Центральном экономическом районе. Объем сгоревших ТБО 1000 $м^3$. Насыпная масса отходов – 0,25 т/м3. Определите плату за загрязнение атмосферного воздуха за выброс каждого загрязняющего вещества и общую плату, а также размер предъявляемого иска.

Решение. Определим количество выброшенных в атмосферу ЗВ (как произведение массы сгоревших ТБО и величин удельных выбросов). Удельные выбросы и нормативы платы берем из табл. 1.14.

Твердые частицы 250 т ·0,00125 т/т = 0,3125 т
Диоксид серы 250 т ·0,003 т/т = 0,75 т
Оксиды азота 250 т ·0,005 т/т = 1,25 т
Оксид углерода 250 т ·0,025 т/т = 6,25 т
Сажа 250 т ·0,000625 т/т = 0,15625 т.

Определим (без учета коэффициента инфляции) размер платы за выброс каждого загрязняющего вещества (как произведение массы вещества на норматив платы за аварийный выброс):

Твердые частицы 0,3125 т · 1100,5 руб./т = 344 руб.;
Диоксид серы 0,75 · 3300 = 2475 руб.;
Оксиды азота 1,25 · 4102,5 = 5128 руб.;
Оксид углерода 6,25 · 54,5 = 340 руб.;
Сажа 0,15625 · 3300 = 515 руб.

Определим общую плату за загрязнение атмосферного воздуха:

$$П_н = 344 + 2475 + 5128 + 515 + 340 = 8802 \text{ руб.}$$

Коэффициент экологической ситуации и экологической значимости для Центрального экономического района равен 1,9. Так как полигон расположен в черте города, коэффициент увеличиваем на 20 %, т.е. 1,9·1,2 = 2,28 Сумма иска с учетом коэффициента экологической ситуации и экологической значимости (без учета коэффициента индексации) должна составить:

$$8802 \cdot 2{,}28 = 20068 \text{ руб.}$$

Следует иметь в виду, что предприятие, учреждения, организации, должностные лица, виновные в возгорании свалок, рассматриваются как нарушители экологических требований по обезвреживанию, переработке, утилизации, складированию и захоронению производственных и бытовых отходов, подвергаются штрафу, налагаемому в административном порядке. В частности, должностные лица подвергаются штрафу в размере от трехкратного до двадцатикратного минимального размера оплаты труда (МРОТ).

Раздел 2. Нормирование качества природных водных объектов

2.1. Условия выпуска сточных вод в водоемы

Условия выпуска сточных вод в водоемы определяются Правилами охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами. Согласно этим правилам для веществ, загрязняющих водные объекты, установлено раздельное нормирование в зависимости от категории водопользования.

Существует два основных типа водопользования: 1) для нужд населения (I категория – хозяйственно-питьевых нужд, пищевой промышленности и II категория – для коммунально-бытовых целей, т.е. плавание, занятие спортом и т.п.); 2) для рыбохозяйственных нужд (I категория – для обеспечения сохранения и воспроизводства особо ценных пород рыб, чувствительных к содержанию кислорода в воде и II категория – для других видов рыб и водных промысловых организмов).

Общие требования к составу и свойствам воды в водоемах после выпуска в них сточных вод, подвергшихся необходимой очистке, приводятся в табл. 2.1.

Таблица 2.1 - Допустимые изменения состава воды в водоемах после выпуска в них сточных вод

Показатели воды после выпуска в них сточных вод	Требования к составу воды в водоеме	
	Хозяйственно-питьевого и культур-	Рыбохозяйственного назначения

	но-бытового назначения			
	Категории		Категории	
	I	II	I	II
Взвешенные вещества, мг/л	Допускается увеличение не более, чем на			
	0,25	0,75	0,25	0,75
Растворенный кислород, мг/л	≥ 4		≥ 6	
БПК*, мг/л	Не должно превышать			
	3	6	3	6

*БПК – биохимическое потребление кислорода. Служит количественным показателем загрязненности воды органическими веществами, которые способны к биохимическому окислению в присутствии растворенного кислорода. БПК не эквивалентна общей концентрации органического вещества в воде. Такой концентрации эквивалентна химическая потребность воды в кислороде (ХПК) и только в том случае, если данное вещество может окисляться бихроматом. БПК составляет лишь часть ХПК: для одних веществ, большую, для других - меньшую. Для веществ, не способных к биохимическому окислению (биохимически жестких), БПК вообще равна нулю при достаточной большой ХПК.

Предельно допустимая концентрация того или иного вещества в водоеме устанавливается по тому признаку вредного действия (влияние на здоровье населения, на органолептическое или общесанитарное состояние водоема), который характеризуется меньшей пороговой концентрацией. Так как этот признак вредности определяет характер наиболее вероятного неблагополучного действия наименьших концентраций вещества, он получил название лимитирующего признака вредности (ЛПВ). Лимитирующий признак вредности должен всегда сопровождать предельно допустимую концентрацию, характеризуя ее с основной качественной стороны (табл. 2.2 и 2.3).

Таблица 2.2 - Предельно допустимые концентрации вредных химических веществ в воде водных объектов, используемых для нужд населения (ГН 2.1.5.1315-03)

Наименование ингредиента	ЛПВ	ПДК, мг/л	Класс опасности
Нефтепродукты (нефть многосернистая)	Органолептический	0,1	4
Железо (Fe^{2+})	----”----	0,3	3
Медь (Cu^{2+})	----”----	1,0	3
Марганец (Mn^{2+})	----”----	0,1	3
СПАВ (алкилсульфонаты)	----”----	0,5	3
Хром (Cr^{3+})	Санитарно-токсикологический	0,5	3
Фенол	Органолептический	0,001	

Кобальт (Co^{2+})	Санитарно-токсикологический	0,1	2
Никель (Ni^{2+})	----”----	0,02	2
Метанол	----”----	3,0	2
Азот нитратов (NO_3^-)	----”----	45	3
Свинец (Pb^{2+})	----”----	0,01	2
Формальдегид	----”----	0,05	2
Азот аммиака	Органолептический	1,5	4
Цинк (Zn^{2+})	Общесанитарный	1,0	3
Молибден	Санитарно-токсикологический	0,25	2
Мышьяк	----”----	0,01	1
Натрий	----”----	200	2
Азот нитритов (NO_2^-)	----”----	3,3	2
Пероксид водорода	----”----	0,1	2
Ртуть	----”----	0,0005	1
Кадмий	----”----	0,001	2
Сульфаты	Органолептический	500	4
Хлориды	----”----	350	4

Таблица 2.3 - Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воде водных объектов, используемых для рыбохозяйственных целей

Наименование ингредиента	ЛПВ	ПДК, мг/л
Азот аммиака	Токсикологический	0,05
Азот нитритов	----”----	0,08
Кобальт (Co^{2+})	----”----	0,01
Медь (Cu^{2+})	----”----	0,001
Железо (общее)	----”----	0,1
Никель (Ni^{2+})	----”----	0,01
Цинк (Zn^{2+})	----”----	0,01
Марганец	----”----	0,01
Метанол	----”----	0,1
Свинец	----”----	0,1
Формальдегид	----”----	0,1
СПАВ (алкилсульфонаты)	----”----	0,5
Сульфаты	----”----	100
Хром (III)	----”----	0,07
Азот нитратов	Санитарно-токсикологический	40

Хлориды	Санитарно-токсикологический	300
Нефтепродукты	Рыбохозяйственный	0,05

Научно обоснован принцип гигиенического нормирования при одновременном присутствии в воде нескольких вредных веществ. Вещества одного ЛПВ проявляют аддитивное действие. Это означает, что общее воздействие двух или нескольких веществ одного ЛПВ (содержащихся в предельно допустимой концентрации каждое) будет таким же, как если бы какое-нибудь из них, присутствуя в воде в единственном числе, содержалось в двух или нескольких ПДК.

Для веществ одного ЛПВ, относящихся к 1 и 2 классам опасности при хозяйственно-питьевом и коммунально-бытовом водопользовании, сумма отношений концентраций (C_1,C_2…C_n) каждого из веществ в контрольном створе к соответствующим ПДК не должна превышать единицы. Для всех нормированных веществ при рыбохозяйственном водопользовании при поступлении в водные объекты нескольких веществ с одинаковым лимитирующим признаком вредности и с учетом примесей, поступающих в водный объект от вышерасположенных источников, сумма отношений концентраций (C_1,C_2…C_n) каждого из веществ в контрольном створе к соответствующим ПДК не должна превышать единицы, т. е.:

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

Выше перечисленные состав и свойства воды водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования должны соответствовать нормативным требованиям в створе, расположенном на водотоках в одном километре выше ближайшего по течению пункта водопользования (водозабор для хозяйственно-питьевого водоснабжения, места купания организованного отдыха, территория населенного пункта и т. д.). Состав и свойства воды рыбохозяйственных водоемов должны удовлетворять рыбохозяйственным требованиям в створе, определяемом в каждом конкретном случае органами рыбоохраны, но не далее, чем в 500 м от места выпуска сточных вод.

Пример. В воде водного объекта рыбохозяйственного назначения обнаружены нефтепродукты в концентрации 0,125 мг/л и СПАВ в количестве 0,215 мг/л. Допустимо ли такое содержание примесей с точки зрения санитарно-гигиенических требований?

Решение. Из табл. 2.3. очевидно, что нефтепродукты и СПАВ не относятся к одному ЛПВ. ПДК(нефт.) = 0,05 мг/л, ПДК (СПАВ) = 0,5 мг/л. При поступлении в водоем загрязняющих веществ, не относящихся к одному ЛПВ, отношение концентраций каждого из веществ в расчетном створе к соответствующим ПДК не должно превышать единицы, т.е. С(нефт.)/ПДК(нефт.) ≤1 и С(СПАВ)/ПДК(СПАВ)≤1.

Проверим, выполняется ли это условие:

С(нефт.)/ПДК(нефт.) = 0,125/0,05 = 2,5.

С(СПАВ)/ПДК(СПАВ) = 0,215/0,5 = 0,43.

Следовательно, такое содержание примесей нефтепродуктов с точки зрения санитарно-гигиенических требований недопустимо, а содержание примесей СПАВ – допустимо.

Задачи для самостоятельного решения

1. В воде водного объекта, используемого для рыбохозяйственных целей, обнаружены цинк в концентрации 0,007 мг/л и азот аммиака в концентрации 0,0012 мг/л. Допустимо ли такое содержание примесей с точки зрения санитарно-гигиенических требований?

2. В воде водного объекта хозяйственно-питьевого назначения обнаружены азот нитритов в концентрации 1,5 мг/л и СПАВ в количестве 0,5 мг/л. Допустимо ли такое содержание примесей с точки зрения санитарно-гигиенических требований?

3. В воде водного объекта хозяйственно-питьевого назначения обнаружены железо в концентрации 0,15 мг/л и медь в концентрации 0,65 мг/л. Допустимо ли такое содержание примесей с точки зрения санитарно-гигиенических требований?

4. В воде водного объекта, используемого для рыбохозяйственных целей, обнаружены азот нитритов в концентрации 0,007 мг/л и азот аммиака в концентрации 0,0025 мг/л. Допустимо ли такое содержание примесей с точки зрения санитарно-гигиенических требований?

5. В водоем сбрасываются сточные воды, содержащие СПАВ и медь с одинаковой концентрацией. Каким будет соотношение концентраций этих веществ в створе полного смешения?

6. В воде водного объекта, используемого для рыбохозяйственных целей, обнаружены марганец в концентрации 0,005 мг/л и железо в концентрации 0,045 мг/л. Допустимо ли такое содержание примесей с точки зрения санитарно-гигиенических требований?

7. В воде водного объекта хозяйственно-питьевого назначения обнаружены железо в концентрации 0,2 мг/л и медь в концентрации 0,75 мг/л. Допустимо ли такое содержание примесей с точки зрения санитарно-гигиенических требований?

8. В воде водного объекта, используемого для рыбохозяйственных целей, обнаружены формальдегид в концентрации 0,047 мг/л и метанол в концентрации 0,025 мг/л. Допустимо ли такое содержание примесей с точки зрения санитарно-гигиенических требований?

9. В воде водного объекта хозяйственно-питьевого назначения обнаружены железо в концентрации 0,07 мг/л, марганец в концентрации 0,04 мг/л и медь в концентрации 0,75 мг/л. Допустимо ли такое содержание примесей с точки зрения санитарно-гигиенических требований?

10. ПДК нефтепродуктов для водоемов хозяйственно-питьевого назначения составляет 0,1 мг/л, при какой концентрации нефтепродуктов в водном

объекте уровень экологического риска для здоровья людей будет минимальный: 1) 1,0 мг/л; 2) 10,0 мг/л; 3) 0,1 мг/л; 4) 0,05 мг/л; 5) 0,01 мг/л?

2.2. Оценка качества воды

Существует несколько способов оценки качества воды в зависимости от вида водопользования: оценка состояния поверхностных вод, гигиеническая классификация поверхностных водных объектов культурно-бытового назначения по степени загрязнения, гигиеническая классификация подземных вод по степени влияния техногенного фактора и правила таксации вод для установления их рыбохозяйственной ценности.

Индекс загрязнения воды (ИЗВ) применяется для оценки состояния поверхностных водных объектов в системе Росгидромета. Оценка базируется на анализе нормированных к ПДК значений содержания загрязняющих веществ в воде. При расчете индекса используется шесть компонентов загрязнителей. В качестве обязательных показателей рассматриваются биохимическое потребление кислорода за 5 сут ($БПК_5$) и содержание растворенного кислорода. Кроме этих двух показателей в расчет включаются четыре загрязняющих вещества с максимальными значениями нормированных показателей.

Расчет по $БПК_5$ и растворенному кислороду проводится на основе специальных норм, которые применяются в зависимости от значений биохимического потребление кислорода или содержания растворенного кислорода в воде.

Нормы по $БПК_5$ следующие:

норма 1	норма 2	норма 3
более 15 мгO_2/л	3-15 мгO_2/л	не более 3 мгO_2/л

При расчете нормированной величины значение БПК делится на соответствующую норму.

Нормы содержания растворенного кислорода следующие:

норма 6	норма 12	норма 20	норма 30	норма 40	норма 50	норма 60
более 6 мг/л	6-5 мг/л	5-4 мг/л	4-3 мг/л	3-2 мг/л	2-1 мг/л	1-0 мг/л

При расчете нормированной величины норма делится на содержание кислорода.

Вычисление ИЗВ проводится по соотношению:

$$ИЗВ = \frac{\sum_{i=1}^{6} \frac{C_i}{ПДК_i}}{6}, \qquad (2.1)$$

где C_i – фактическая концентрация i-го вещества (для $БПК_5$ и растворенного кислорода в формулу вводятся нормированные величины, полученные приведенными выше способами).

Необходимо иметь в виду, что ПДК загрязняющего вещества, применяемая в расчете, зависит от назначения водоема (рыбохозяйственного назначения или для нужд населения). В результате вычисления по формуле средней

нормированной величины по шести компонентам получаем индекс загрязнения воды (ИЗВ), который в зависимости от численного значения соответствует одному из семи классов загрязнения воды (табл. 2.4.).

Таблица 2.4. - Классификация загрязненных пресных и морских вод по ИЗВ

Класс загрязнения	Характеристика загрязнения	Значение ИЗВ	
		Пресные воды	Морские воды
I	Очень чистая вода	< 0,3	< 0,25
II	Чистая вода	0,3-1,0	0,25-0,74
III	Умеренно загрязненная вода	1,0-2,5	0,75-1,24
IV	Загрязненная вода	2,5-4,0	1,25-1,74
V	Грязная вода	4,0-6,0	1,75-3,0
VI	Очень грязная вода	6,0-10,0	3,1-6,0
VII	Чрезвычайно грязная вода	> 10,0	> 6,0

Недостатки использования ИЗВ определяются зависимостью его величины от перечня изученных компонентов-загрязнителей вод.

Пример. В результате физико-химического анализа природной воды из природного водоема культурно-бытового назначения получены следующие данные: нефтепродукты 0,05 мг/л; $БПК_5$ – 1,08 мг/л; растворенный кислород – 7,52 мг/л; натрий – 99,13 мг/л; железо (общ.) – 0,2 мг/л; марганец – 0,07 мг/л; нитриты – 0,1 мг/л; нитраты 3,55 мг/л. Дать характеристику загрязнения воды.

Решение.

Определим нормированные к ПДК значения содержания загрязняющих веществ в воде водоема из соотношения $C_i/ПДК_i$. ПДК компонентов берем из табл. 2.2.

Нефтепродукты 0,05/0,1 = 0,5
Натрий 99,13/200 = 0,49
Железо (общ.) 0,2/0,3 = 0,66
Марганец 0,07/0,1 = 0,7
Нитриты 0,1/3,3 = 0,03
Нитраты 3,55/45 = 0,08

Для расчета ИЗВ берем четыре компонента с максимальными нормированными значениями: марганец, железо (общ.), нефтепродукты, натрий.

$БПК_5$ – 1,08 мг/л, следовательно норма по $БПК_5$ – 3.

Нормированная величина БПК 1,08/3 = 0,36.

Содержание растворенного кислорода 7,52 мг/л, следовательно, ему соответствует норма 6. Нормированная величина растворенного кислорода 6/7,52 = 0,798.

Рассчитаем индекс загрязнения воды:

$$ИЗВ = \frac{0,36 + 0,798 + 0,7 + 0,66 + 0,5 + 0,49}{6} = 0,58.$$

Значение ИЗВ лежит в интервале 0,3-1,0 (по табл.2.4), следовательно, вода в водоеме характеризуется как *чистая*, класс загрязнения II.

Задачи для самостоятельного решения

1. Химический анализ воды из водоема хозяйственно-питьевого назначения показал следующее:

№	Наименование показателей	Значение показателей, мг/л
1	Взвешенные вещества	9,8
2	Нефтепродукты	0,09
3	$БПК_5$	2,5
4	Растворенный кислород	8,7
5	Медь	0,002
6	Цинк	0,05
7	Свинец	0,0005
8	Хлориды	113,68
9	сульфаты	188,16

Дать характеристику загрязнения воды.

2. Химический анализ воды из водоема хозяйственно-питьевого назначения показал следующее:

№	Наименование показателей	Значение показателей, мг/л
1	Взвешенные вещества	11,3
2	Нефтепродукты	0,03
3	$БПК_5$	3,1
4	Растворенный кислород	3,6
5	Молибден	0,0025
6	Хром	0,003
7	Железо (общ.)	0,16
8	Азот аммиака	0,27

Дать характеристику загрязнения воды.

3. Химический анализ воды из водоема рыбохозяйственного назначения (1 категории) показал следующее:

№	Наименование показателей	Значение показателей, мг/л
1	Взвешенные вещества	16
2	Нефтепродукты	0,04
3	$БПК_5$	1,22
4	Растворенный кислород	9,48
5	СПАВ	0,015
6	Азот аммонийный	0,12
7	Железо (общ.)	0,1
8	Медь	0,002
9	Цинк	0,004
10	Хлориды	109,54

Дать характеристику загрязнения воды.

4. Химический анализ воды из водоема культурно-бытового назначения показал следующее:

№	Наименование показателей	Значение показателей, мг/л
1	Взвешенные вещества	26,5
2	$БПК_5$	1,72
3	Растворенный кислород	11,4
4	СПАВ	0,012
5	Натрий	141,2
6	Хлориды	136,77
7	Сульфаты	307,2

Дать характеристику загрязнения воды.

5. Химический анализ воды из водоема хозяйственно-питьевого назначения показал следующее:

№	Наименование показателей	Значение показателей, мг/л
1	Взвешенные вещества	12
2	Фенолы	0,0006
3	$БПК_5$	1,94
4	Растворенный кислород	12,6
5	Натрий	126,6
6	Азот аммонийный	0,54
7	Железо (общ.)	0,11
8	Мышьяк	0,006
9	Кадмий	0,0008
10	Никель	0,005

Дать характеристику загрязнения воды.

6. Химический анализ воды из водоема рыбохозяйственного назначения (II категории) показал следующее:

№	Наименование показателей	Значение показателей, мг/л
1	Взвешенные вещества	8,0
2	Нефтепродукты	0,02
3	$БПК_5$	1,48
4	Растворенный кислород	9,22
5	СПАВ	0,001
6	Азот аммонийный	0,23
7	Нитриты	0,062
8	Хлориды	107,7
9	Сульфаты	211,4

Дать характеристику загрязнения воды.

7. Химический анализ воды из водоема хозяйственно-питьевого назна-

чения показал следующее:

№	Наименование показателей	Значение показателей, мг/л
1	Взвешенные вещества	19,5
2	$БПК_5$	2,18
3	Растворенный кислород	13,0
4	Натрий	236,44
5	Медь	0,003
6	Цинк	0,01
7	Свинец	0,0005
8	Марганец	0,024
9	Нитриты	0,12
10	Нитраты	9,46

Дать характеристику загрязнения воды.

8. Химический анализ воды из водоема культурно-бытового назначения показал следующее:

№	Наименование показателей	Значение показателей, мг/л
1	Взвешенные вещества	4
2	Нефтепродукты	0,02
3	Фенолы	0,003
4	$БПК_5$	0,82
5	Растворенный кислород	6,26
6	СПАВ	0,05
7	Железо (общ.)	0,7
8	Мышьяк	0,003
9	Кадмий	0,001
10	Никель	0,02
11	Хром	0,3

Дать характеристику загрязнения воды.

9. Химический анализ воды из водоема хозяйственно-питьевого назначения показал следующее:

№	Наименование показателей	Значение показателей, мг/л
1	Взвешенные вещества	11,5
2	Нефтепродукты	0,08
3	$БПК_5$	1,68
4	Растворенный кислород	15,1
5	Железо (общ.)	0,1
6	Марганец	0,06
7	Хлориды	121,5
8	Сульфаты	216
9	Нитраты	4,24

Дать характеристику загрязнения воды.

10. Химический анализ воды из водоема рыбохозяйственного назначения (I категории) показал следующее:

№	Наименование показателей	Значение показателей, мг/л
1	Взвешенные вещества	6,05
2	Фенолы	0,003
3	$БПК_5$	1,34
4	Растворенный кислород	8,53
5	СПАВ	0,015
6	Азот аммонийный	0,173
7	Нитриты	0,062
8	Нитраты	2,78
9	Медь	0,002
10	Цинк	0,005

Дать характеристику загрязнения воды.

2.3. Разбавление сточных вод, поступающих в водоем

Разбавление является одним из основных факторов обезвреживания сточных вод, поступивших в водоем. Хотя при разбавлении общее количество поступившего в водоем загрязняющего вещества не изменяется, его обезвреживающий эффект несомненен. Если в водоем поступила какая-то сточная жидкость, то дальше она всегда будет смешиваться с водой водоема. Разбавление действует одинаково как на консервативные, так и на неконсервативные вещества.

Разбавление какого-либо притока, например, сточной жидкости в речном потоке, обусловлено смешением загрязненных струй со смежными более чистыми струями под влиянием турбулентного (вихревого) перемешивания. Вследствие этого к поступившей в водоем сточной жидкости с расходом q ($м^3/с$) присоединяется разбавляющая вода с расходом $Q_{см}$ ($м^3/с$).

Под разбавлением n подразумевается отношение суммы расходов разбавляемой q и разбавляющей $Q_{см}$ воды к расходу разбавляемой воды:

$$n = \frac{q + Q_{см}}{q}. \qquad (2.2)$$

Расход разбавляющей воды можно представить как часть полного расхода речного потока Q, т. е.

$$Q_{см} = \nu\, Q, \qquad (2.3)$$

где ν - коэффициент смешения, показывающий, какая часть речного расхода Q участвует в разбавлении сточной жидкости.

С учетом формулы (2.3) выражение (2.2) принимает вид

$$n = \frac{q + \nu Q}{q}. \qquad (2.4)$$

Пример 1. Расход сточных вод предприятия составляет 0,64 м^3/с. Наименьший среднемесячный расход воды в реке составляет 20 м^3/с. Коэффициент смешения составляет 0,45. Определить кратность разбавления сточных вод перед расчетным пунктом водопользования.

Решение.

Кратность разбавления сточных вод перед расчетным пунктом водопользования определяем по формуле:

$$n = \frac{q + \nu Q}{q}. = \frac{0{,}64 + 0{,}45 \cdot 20}{0{,}64} = 15{,}06$$

Коэффициент смешения рассчитывается по формуле

$$\nu = \frac{1 - e^{-\alpha\sqrt[3]{l}}}{1 + (Q/q)e^{-\alpha\sqrt[3]{l}}} \qquad (2.5)$$

где ℓ - расстояние от места выпуска сточных вод до расчетного створа, м;

α - коэффициент, учитывающий гидравлические условия в реке и определяемый, в свою очередь, из соотношения

$$\alpha = \varphi\, \xi \sqrt[3]{D/q}, \qquad (2.6)$$

где φ - коэффициент извилистости реки (или ее фарватера), равный отношению расстояния от места выпуска сточных вод до расчетного створа по фарватеру к расстоянию между этими пунктами по прямой;

ξ - коэффициент, зависящий от места выпуска сточных вод: при выпуске у берега ξ =1, при выпуске в речной поток ξ =1,5;

D - коэффициент турбулентной диффузии.

Коэффициент турбулентной диффузии определяется по формуле

$$D = \frac{\nu H}{200}, \qquad (2.7)$$

где ν - средняя скорость течения речного потока, м/с;

H - средняя глубина речного потока, м.

Пример 2. Чему равен коэффициент смешения в створе полного смешения, если расход сточной жидкости составляет 0,24 м^3/с, а расход речного потока – 12,8 м^3/с?

Решение.

В створе полного смешения количество разбавляющей воды ($Q_{см}$) станет равной количеству речного потока (Q), при этом коэффициент смешения определяем по формуле: $Q_{см} = \nu Q$, где $Q_{см}$ = Q. Тогда формула 2.3 примет вид $Q = \nu Q$

Отсюда ν = Q/Q = 12,8/12,8 = 1.

Пример 3. В водоем с расходом воды 26 м^3/с сбрасывается 0,15 м^3/с сточных вод. Какой объём речного стока смешивается со сточными водами в расчётном створе, в котором коэффициент смешения составляет 0,220?

Решение.

Используя формулу 2.3 определим какой объем речного потока смешивается со сточными водами в расчетном створе:

$$Q_{см} = \nu Q = 0{,}22 \cdot 26 = 5{,}72 м^3/с$$

Пример 4. Расход сточных вод предприятия составляет 0,24 м^3/с. Наименьший среднемесячный расход воды в реке составляет 19,5 м^3/с. Средняя скорость течения реки на расчетном участке = 0,15 м/с, средняя глубина реки – 1,8 м. Коэффициент извилистости русла 1,17. Расстояние от места выпуска сточных вод до расчетного створа равно 750 м. Выпуск сточных вод предполагается в речной поток. Определить коэффициент смешения и кратность разбавления сточных вод перед расчетным пунктом водопользования.

Решение.

Рассчитаем коэффициент турбулентной диффузии по формуле (2.7):

$$D = \frac{\nu H}{200} = \frac{0{,}15 \cdot 1{,}8}{200} = 0{,}00135$$

Для случая выпуска сточных вод в речной поток ξ = 1,5. Определим коэффициент, учитывающий гидравлические факторы смешения, по формуле (2.6.):

$$\alpha = \varphi \xi \sqrt[3]{D/q} = 1{,}17 \cdot 1{,}5 \cdot \sqrt[3]{\frac{0{,}00135}{0{,}24}} = 0{,}312$$

Коэффициент смешения определим по формуле (2.5.):

$$\nu = \frac{1 - e^{-\alpha \sqrt[3]{l}}}{1 + (Q/q) e^{-\alpha \sqrt[3]{l}}} = \frac{1 - e^{-0{,}312 \cdot \sqrt[3]{750}}}{1 + (\frac{19{,}5}{0{,}24}) \cdot e^{-0{,}312 \cdot \sqrt[3]{750}}} = 0{,}163$$

Кратность разбавления сточных вод перед расчетным пунктом водопользования определим по формуле (2.4):

$$n = \frac{q + \nu Q}{q} = \frac{0{,}24 + 0{,}163 \cdot 19{,}5}{0{,}24} = 14{,}25$$

Задачи для самостоятельного решения

1. Расход сточных вод предприятия составляет 0,47 м3/с. Наименьший среднемесячный расход воды в реке составляет 19,5 м^3/с. Коэффициент смешения составляет 0,63. Определить кратность разбавления сточных вод перед расчетным пунктом водопользования.

2. Расход сточных вод предприятия составляет 0,52 м3/с. Наименьший среднемесячный расход воды в реке составляет 14,7 м^3/с. Коэффициент смешения составляет 0,84. Определить кратность разбавления сточных вод перед расчетным пунктом водопользования.

3. Расход сточных вод предприятия составляет 0,86 м3/с. Наименьший среднемесячный расход воды в реке составляет 26,5 м^3/с. Коэффициент смешения составляет 0,74. Определить кратность разбавления сточных вод перед расчетным пунктом водопользования.

4. В водоём с расходом воды 16 м^3/с сбрасывается 0,25 м^3/с сточных вод. Какой объём речного стока смешивается со сточными водами в расчётном створе, в котором коэффициент смешения составляет 0,1?

5. Расстояние от места выпуска сточных вод до расчётного створа по фарватеру водоёма составляет 1км, а расстояние между этими пунктами по прямой-500 м. Чему равен коэффициент извилистости водоёма?

6. Какое минимальное значение может быть у коэффициента извилистости реки: 1) 0; 2) 1; 3) 2; 4) 3; 5) 10?

7. Расстояние от места выпуска сточных вод до расчётного створа по фарватеру водоёма составляет 0,5 км, а расстояние между этими пунктами по прямой-500 м. Чему равен коэффициент извилистости водоёма: 1) 0; 2) 1; 3) 2; 4) 0,5; 5) 1,5?

8. В водоём с расходом 35 $м^3/с$ сбрасывается 0,15 $м^3/с$ сточных вод. Какой объём речного расхода смешивается со сточными водами в створе полного смешивания: 1) 5 $м^3/с$; 2) 35 $м^3/с$; 3) 3,5 $м^3/с$; 4) 5,25 $м^3/с$; 5) 0,15 $м^3/с$?

9. Чему равен коэффициент смешения в створе полного смешения, если расход сточной жидкости составляет 0,76 $м^3/с$, а расход речного потока – 28,5 $м^3/с$?

10. Расход сточных вод составляет 0,778 $м^3/с$. Наименьший среднемесячный расход воды в реке составляет 21 $м^3/с$. Средняя скорость течения реки на расчетном участке = 0,3 м/с, средняя глубина реки – 1,2 м. Коэффициент извилистости русла 1,24. Расстояние от места выпуска сточных вод до расчетного створа равно 1100 м. Выпуск сточных вод предполагается у берега. Определить коэффициент смешения и кратность разбавления сточных вод перед расчетным пунктом водопользования.

11. Расход сточных вод предприятия составляет 0,39 $м^3/с$. Наименьший среднемесячный расход воды в реке составляет 34,1 $м^3/с$. Средняя скорость течения реки на расчетном участке = 0,18 м/с, средняя глубина реки – 2,2 м. Коэффициент извилистости русла 1.14. Расстояние от места выпуска сточных вод до расчетного створа равно 950 м. Выпуск сточных вод предполагается в речной поток. Определить коэффициент смешения и кратность разбавления сточных вод перед расчетным пунктом водопользования.

12. Расход сточных вод предприятия составляет 0,22 $м^3/с$. Наименьший среднемесячный расход воды в реке составляет 18,1 $м^3/с$. Средняя скорость течения реки на расчетном участке = 0,14 м/с, средняя глубина реки – 1,32 м. Коэффициент извилистости русла 1,21. Расстояние от места выпуска сточных вод до расчетного створа равно 500 м. Выпуск сточных вод предполагается в речной поток. Определить коэффициент смешения и кратность разбавления сточных вод перед расчетным пунктом водопользования.

13. Расход сточных вод предприятия составляет 0,4 $м^3/с$. Наименьший среднемесячный расход воды в реке составляет 26,8 $м^3/с$. Средняя скорость течения реки на расчетном участке = 0,19 м/с, средняя глубина реки – 1,8 м. Коэффициент извилистости русла 1,22. Расстояние от места выпуска сточных вод до расчетного створа равно 600 м. Выпуск сточных вод предполагается в

речной поток. Определить коэффициент смешения и кратность разбавления сточных вод перед расчетным пунктом водопользования.

14. Расход сточных вод предприятия составляет 0,36 $м^3/с$. Наименьший среднемесячный расход воды в реке составляет 22,3 $м^3/с$. Средняя скорость течения реки на расчетном участке = 0,21 м/с, средняя глубина реки – 2,14 м. Коэффициент извилистости русла 1,35. Расстояние от места выпуска сточных вод до расчетного створа равно 750 м. Выпуск сточных вод предполагается в речной поток. Определить коэффициент смешения и кратность разбавления сточных вод перед расчетным пунктом водопользования.

15. Расход сточных вод предприятия составляет 0,68 $м^3/с$. Наименьший среднемесячный расход воды в реке составляет 26,4 $м^3/с$. Средняя скорость течения реки на расчетном участке = 0,11 м/с, средняя глубина реки – 2,5 м. Коэффициент извилистости русла 1,14. Расстояние от места выпуска сточных вод до расчетного створа равно 1000 м. Выпуск сточных вод предполагается в речной поток. Определить коэффициент смешения и кратность разбавления сточных вод перед расчетным пунктом водопользования.

2.4. Определение степени очистки сточных вод перед сбросом их в водоемы и расчет нормативно допустимых сбросов (НДС)

В загрязненной части речного потока концентрации загрязняющего вещества могут быть различными: в одних струях концентрации будут наибольшими, а в других - наименьшими. Схема распределения загрязняющего вещества в речном потоке приведена на рис.2.1.

При этом, пока ширина загрязненной струи не станет равной ширине реки, минимально загрязненная струя будет граничить с чистой водой, и концентрация вещества в этой струе будет равна фоновой $C_ф$, т.е. концентрации того же вещества в речной воде выше выпуска сточных вод. В частности, значение минимальной концентрации C_{min} может быть равно 0, если данное вещество отсутствовало в речной воде выше места поступления в реку сточных вод. На некотором расстоянии ℓ_0 загрязненная струя коснется противоположного берега реки. Начиная с этого расстояния, для створов, имеющих ℓ больше ℓ_0, минимальные концентрации начнут возрастать до створа полного смешения, в котором $C_{min}=C_{ср}$.

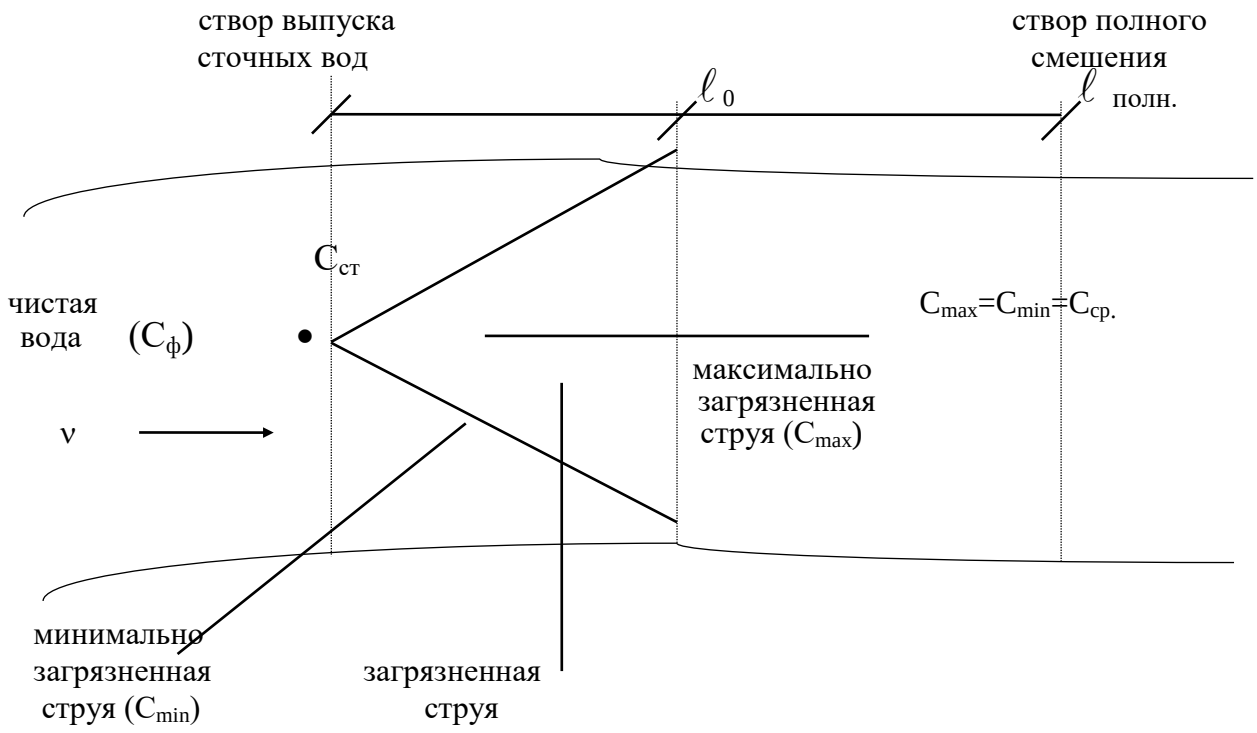

Рис. 2.1. Схема распределения загрязняющего вещества в речном потоке

Что касается максимально загрязненной струи, то в ней концентрации загрязняющего вещества начнут уменьшаться с первых же метров расстояния от створа выпуска при движении струи вниз по течению за счет непрерывного присоединения к сточной воде все возрастающей части расхода речной воды и смешения. Такой процесс будет продолжаться до створа полного смешения, в котором максимальная концентрация станет равной средней $C_{ср}$, одинаковой во всех элементарных струях этого створа.

Следовательно, для створа полного смешения (при $\ell = \ell_{полн}$) должно обеспечиваться условие $C_{max}=C_{min}=C_{ср}$. Средняя концентрация будет равна:

$$C_{ср.} = \frac{qC_{ст}+QC_{ф}}{q+Q} \qquad (2.8)$$

где $C_{ст}$ - концентрация консервативного вещества в сбросных сточных водах.

Сточные воды могут быть сброшены в водный объект с таким содержанием загрязняющих веществ, которое не причинит вреда гидробионтам и не ухудшит качество вод. Это условие соблюдается в случае, когда при разбавлении сточных вод с природными водами в контрольном створе (удаление которого от места сброса сточных вод находится в зависимости от назначения водного объекта: для рыбохозяйственных нужд составляет не более 500 м, а для нужд население 1 км) будут соблюдаться условия санитарно-гигиенического нормирования ($c_{нор.}$). Такую концентрацию загрязняющих веществ в сточных водах называют *предельно допустимой концентрацией* $c_{ст}$. Если контрольный створ водоема находится под воздействием сточных вод, сбрасываемых только через один выпуск, значение $c_{ст}$ устанавливается непосредственно расчетом в зависимости от разновидности загрязнений. Для

взвешенных веществ, присутствующих в сточных водах, используют формулу:

$$c_{ст} = p\left(\frac{\nu Q}{q} + 1\right) + c_{ф}, \qquad (2.9)$$

где p – допустимое увеличение содержания взвешенных веществ в водоеме после спуска сточных вод, принимаемое в соответствии с Правилами охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами, мг/л;

$c_{ф}$ – фоновая концентрация рассматриваемого загрязняющего вещества, измеренная выше выпуска сточных вод, мг/л;

Q – расход воды в водном объекте при 95 %-ной обеспеченности, м^3/с;

q – количество сточных вод, сбрасываемых в водный объект, м^3/с;

ν – коэффициент, учитывающий смешение сточных вод с водами водного объекта – приемника сточных вод.

При разработке $c_{ст}$ для загрязняющих веществ, сбрасываемых со сточными водами в водный объект, учитывают степень их неконсервативности. При этом *консервативными* являются ионы металлов и другие соединения, которые при попадании в водный объект изменяют свою концентрацию в основном за счет разбавления загрязненных вод с природными водами. К *неконсервативным* веществам относятся нефтепродукты, спирты, формальдегиды, нитриты и другие соединения, которые после попадания в водный объект подвергаются биохимической деструкции, т.е. их преобразование и разрушение происходит при участи живых организмов, как правило, бактерий.

Для присутствующих в сточных водах консервативных веществ расчет $c_{ст}$ производят по формуле:

$$c_{ст} = c_{нор} + (n - 1)(c_{нор} - c_{ф}), \qquad (2.10)$$

где n – коэффициент, учитывающий разбавление сточных вод с водами водного объекта,

а для неконсервативных веществ, сбрасываемых со сточными водами:

$$c_{ст} = \frac{c_{нор}}{10^{-K_q t}} + \frac{(n-1)(c_{нор} - c_{ф})}{10^{-K_q t}}, \qquad (2.11)$$

где K_q – динамический коэффициент неконсервативности, находящийся в зависимости от скорости течения воды в водном объекте и статического коэффициента неконсервативности для рассматриваемого вещества;

t – время прохождения загрязненной струи от места выпуска сточных вод до контрольного створа, сут.

Для определения предельно допустимой концентрации кислорода в целях обеспечения нормативной величины БПК в воде водного объекта используют формулу:

$$c_{ст} = \frac{\gamma Q}{q 10^{-0,1t}}\left(c_{нор} - c_{ф} 10^{-0,3t}\right) + \frac{c_{нор}}{10^{-0,1t}} \qquad (2.12)$$

Пример 1. Расход сточных вод предприятия составляет 1,78 $м^3/с$. Наименьший среднемесячный расход воды в реке культурно-бытового назначения составляет 23,4 $м^3/с$. Фоновая концентрация железа в воде реки составляет 0,05 мг/л. Рассчитать максимальную концентрацию железа в створе полного смешения. Допустимо ли такое содержание железа с точки зрения санитарно-гигиенических требований?

Решение.

Рассчитаем коэффициент смешения и кратность разбавления в створе полного смешения. Так как в створе полного смешения расход сточных вод (q) становится равным количеству разбавляющей воды ($Q_{см}$), то коэффициент смешения определяем по формуле: $Q_{см} = \nu Q$, где $q = Q_{см.}$

Тогда $\nu = 1,78/23,4 = 0,076$

Кратность разбавления $n = \frac{q + \nu Q}{q} = \frac{1,78 + 0,076 \cdot 23,4}{1,78} = 2.$

Концентрация вещества в максимально загрязненной струе в створе полного смешения определяется по формуле (2.8): $C_{max} = Cср = (qC_{ст}+QC_{ф})/(q+Q)$

Для этого найдем концентрацию железа в сточных водах перед выпуском их в водоем $C_{ст.}$

Так как железо является консервативным веществом, то $C_{ст}$ находим по формуле (2.10), $C_{нор} = ПДК_{Fe} = 0,3$ мг/л.

$$C_{ст} = 0,3+(2-1)\cdot(0,3-0,05) = 0,55 \text{ мг/л}$$

Рассчитаем максимальную концентрацию железа в створе полного смешения

$$C_{max} = \frac{1,78 \cdot 0,55 + 23,4 \cdot 0,05}{1,78 + 23,4} = 0,085 \text{ мг/л}$$

Проверим выполнение санитарно-гигиенического условия: $\frac{C_{max}}{ПДК_{Fe}} = \frac{0,085}{0,3} = 0,28$, что меньше единицы; следовательно, такое содержание железа допустимо.

Если концентрация загрязняющих веществ в сточных водах больше нормативно допустимой концентрации $C_{ст}$, то такие воды подвергаются очистке. Сточные воды промышленных предприятий (как и предприятий ЖКХ и АПК), проходят, как правило, двухступенчатую очистку. Вначале - на локальных очистных сооружениях (ЛОС), затем - на станции биологической очистки (городских очистных сооружениях), куда поступают также сточные воды жилых массивов после смешения со сточными водами промышленных предприятий.

Необходимость в ЛОС обусловлена тем, что промышленные сточные воды могут содержать столь высокотоксичные вещества и в таких количествах, что в случае непосредственной подачи их на городские очистные сооружения в последних нарушается нормальный биоцикл микроорганизмов, способных к биохимической деструкции загрязнений. Кроме того, высококонцентрированные сточные воды очищаются в ЛОС более глубоко и с меньшими экономическими издержками, чем разбавленные.

Необходимая степень очистки сточных вод η определяется как отношение разности исходной концентрации загрязняющих веществ до их очистки С и предельно допустимой концентрации тех же веществ после очистки $C_{ст}$ к исходной концентрации, %:

$$\eta = \frac{C - C_{ст}}{C} \cdot 100\%. \qquad (2.13)$$

В качестве контрольной величины, свидетельствующей о том, что воздействие данного объекта на водоем соответствует допустимому, служит универсальная характеристика, предусмотренная Правилами охраны поверхностных вод, - называемая *нормативно допустимым сбросом* (НДС), который представляет собой количество загрязняющего вещества, поступающего в водоем в единицу времени (г/с). Следуя определению, НДС рассчитывается по формуле:

$$НДС = q \cdot C_{ст}. \qquad (2.14)$$

Пример 2. Расход сточных вод составил 0,76 $м^3/с$. Сточные воды сбрасываются в водоем хозяйственно-питьевого назначения, в котором фоновая концентрация ионов меди составляет 0,56 мг/л. Неочищенные сточные воды содержат 150 мг/л меди. Кратность разбавления в контрольном створе составляет 19,7. Рассчитать: 1) необходимую степень очистки сточных вод, 2) нормативно допустимый сброс.

Решение.

Рассчитаем концентрацию ионов меди в сточных водах перед выпуском их в водоем. Так как ионы меди являются консервативным веществом, то $C_{ст}$ находим по формуле (2.10), $C_{нор} = ПДК_{Cu} = 1{,}0$ мг/л.

$$C_{ст} = 1{,}0 + (19{,}7 - 1)(1{,}0 - 0{,}56) = 9{,}23 \text{ мг/л}$$

Определим необходимую степень очистки сточных вод:

$$\eta = \frac{150 - 9{,}23}{150} \cdot 100\% = 93{,}85\%$$

Рассчитаем нормативно допустимый сброс:

$$НДС = C_{ст} \cdot q = 9{,}23 \cdot 0{,}76 = 7{,}01 \text{ г/с}$$

Задачи для самостоятельной работы

1. Расход сточных вод предприятия, содержащих ионы хрома, составляет 0,34 $м^3/с$. Наименьший среднемесячный расход воды в реке культурно-бытового назначения составляет 26,5 $м^3/с$. Коэффициент смешения составляет 0,013. Фоновая концентрация хрома в воде реки составляет 0,05 мг/л. Рассчитать концентрацию хрома в створе полного смешения. Допустимо ли такое содержание хрома с точки зрения санитарно-гигиенических требований?

2. В водоем рыбохозяйственного назначения сбрасываются сточные воды, содержащие 11,9 мг/л нефтепродуктов. Какой будет концентрация нефтепродуктов в максимально загрязненной струе контрольного створа, если разбавление для этого створа составляет 4,2, а скорость течения реки – 0,1 м/с?

3. Расход сточных вод предприятия составляет 0,2 $м^3/с$. Наименьший среднемесячный расход воды в реке культурно-бытового назначения составляет 15,6 $м^3/с$. Сточные воды содержат ионы никеля. Коэффициент смешения составляет 0,013. Фоновая концентрация никеля в воде реки составляет 0,04 мг/л. Рассчитать концентрацию никеля в створе полного смешения. Допу-

стимо ли такое содержание никеля с точки зрения санитарно-гигиенических требований?

4. Расход сточных вод предприятия составляет 0,57 $м^3/с$. Наименьший среднемесячный расход воды в реке культурно-бытового назначения составляет 17,5 $м^3/с$. Сточные воды содержат ионы марганца. Коэффициент смешения составляет 0,03. Фоновая концентрация марганца в воде реки составляет 0,02 мг/л. Рассчитать концентрацию марганца в створе полного смешения. Допустимо ли такое содержание марганца с точки зрения санитарно-гигиенических требований?

5. Расход воды в водоеме составляет 30 $м^3/с$. В него сбрасываются сточные воды в количестве 2,5 $м^3/с$, содержащие 33 мг/л железа (Fe^{2+}). Как изменится концентрация железа в минимально и в максимально загрязненной струе на участке от места выпуска сточных вод до створа полного смешения?

6. В водоем рыбохозяйственного назначения сбрасываются сточные воды, содержащие 13,5 мг/л нефтепродуктов. Какой будет концентрация нефтепродуктов в максимально загрязненной струе контрольного створа, если разбавление для этого створа составляет 4,1, а скорость течения реки – 0,12 м/с?

7. Расход воды в водоеме составляет 11,9 м3/с. В него сбрасываются воды в количестве 0,22 м3/с, содержащие 310 мг/л хлоридов. Как изменяется концентрация хлоридов в минимально и максимально загрязненной струе на участке от створа выпуска сточных вод до створа полного смешения?

8. В водоем сбрасываются сточные воды, содержащие железо и нефтепродукты с одинаковой концентрацией. Каким будет сравнительное соотношение концентраций этих веществ в створе полного смешения?

9. В водоем сбрасываются сточные воды, содержащие медь и никель с одинаковой концентрацией. Каким будет сравнительное соотношение концентраций этих веществ в створе полного смешения?

10. В водоем сбрасываются сточные воды, содержащие азот нитритов и нефтепродукты с одинаковой концентрацией. Каким будет сравнительное соотношение концентраций этих веществ в створе полного смешения?

11. Расход сточных вод предприятия составляет 0,89 $м^3/с$. Сточные воды сбрасываются в водоем рыбохозяйственного назначения, в которых фоновая концентрация ионов цинка составляет 0,006 мг/л. Неочищенные сточные воды содержат 96 мг/л цинка. Кратность разбавления в контрольном створе составляет 14,6. Рассчитать необходимую степень очистки сточных вод и нормативно допустимый сброс.

12. Расход сточных вод предприятия составляет 1,45 $м^3/с$. Сточные воды сбрасываются в водоем хозяйственно-питьевого назначения, в которых фоновая концентрация ионов железа составляет 0,06 мг/л. Неочищенные сточные воды содержат 200 мг/л железа. Кратность разбавления в контрольном

створе составляет 17,3. Рассчитать необходимую степень очистки сточных вод и нормативно допустимый сброс.

13. Расход сточных вод предприятия составляет 1,3 $м^3/с$. Сточные воды сбрасываются в водоем рыбохозяйственного назначения, в которых фоновая концентрация ионов железа составляет 0,56 мг/л. Неочищенные сточные воды содержат 180 мг/л железа. Кратность разбавления в контрольном створе составляет 16,4. Рассчитать необходимую степень очистки сточных води и предельно допустимый сброс.

14. Расход сточных вод предприятия составляет 0,59 $м^3/с$. Сточные воды сбрасываются в водоем хозяйственно-питьевого назначения, в которых фоновая концентрация ионов кобальта составляет 0,46 мг/л. Неочищенные сточные воды содержат 85 мг/л кобальта. Кратность разбавления в контрольном створе составляет 13,5. Рассчитать необходимую степень очистки сточных вод и нормативно допустимый сброс.

15. Расход сточных вод предприятия составляет 0,36 $м^3/с$. Сточные воды сбрасываются в водоем рыбохозяйственного назначения, в которых фоновая концентрация ионов свинца составляет 0,0002 мг/л. Неочищенные сточные воды содержат 37 мг/л свинца. Кратность разбавления в контрольном створе составляет 20,6. Рассчитать необходимую степень очистки сточных вод и нормативно допустимый сброс.

16. Расход сточных вод предприятия составляет 0,48 $м^3/с$. Наименьший среднемесячный расход воды в реке хозяйственно-питьевого назначения составляет 32 $м^3/с$. Неочищенные сточные воды содержат 220 мг/л железа. Фоновая концентрация железа в воде реки составляет 0,07 мг/л. Рассчитать концентрацию железа в створе полного смешения. Допустимо ли такое содержание железа с точки зрения санитарно-гигиенических требований? Рассчитать необходимую степень очистки сточных вод.

17. Расход сточных вод предприятия составляет 0,12 $м^3/с$. Наименьший среднемесячный расход воды в реке рыбохозяйственного назначения составляет 6,7 $м^3/с$. Неочищенные сточные воды содержат 67 мг/л цинка. Фоновая концентрация цинка в воде реки составляет 0,008 мг/л. Рассчитать максимальную концентрацию цинка в створе полного смешения. Допустимо ли такое содержание цинка с точки зрения санитарно-гигиенических требований? Рассчитать необходимую степень очистки сточных вод.

18. Расход сточных вод предприятия составляет 0,3 $м^3/с$. Наименьший среднемесячный расход воды в реке культурно-бытового назначения составляет 20,7 $м^3/с$. Неочищенные сточные воды содержат 147 мг/л марганца. Фоновая концентрация марганца в воде реки составляет 0,001 мг/л. Рассчитать концентрацию марганца в створе полного смешения. Допустимо ли такое содержание марганца с точки зрения санитарно-гигиенических требований? Рассчитать необходимую степень очистки сточных вод.

19. Расход сточных вод предприятия составляет 0,16 $м^3$/с. Наименьший среднемесячный расход воды в реке рыбохозяйственного назначения составляет 5,6 $м^3$/с. Сточные воды содержат ионы никеля. Фоновая концентрация никеля в воде реки составляет 0,0004 мг/л. Рассчитать концентрацию никеля в створе полного смешения. Допустимо ли такое содержание никеля с точки зрения санитарно-гигиенических требований?

20. Расход сточных вод предприятия составляет 0,45 $м^3$/с. Наименьший среднемесячный расход воды в реке культурно-бытового назначения составляет 34 $м^3$/с. Сточные воды содержат ионы меди. Фоновая концентрация меди в воде реки составляет 0,05 мг/л. Рассчитать концентрацию меди в створе полного смешения. Допустимо ли такое содержание меди с точки зрения санитарно-гигиенических требований?

21. Расход сточных вод предприятия составляет 0,8 $м^3$/с. Наименьший среднемесячный расход воды в реке хозяйственно-питьевого назначения составляет 20,0 $м^3$/с. Сточные воды содержат ионы хрома. Фоновая концентрация хрома в воде реки составляет 0,0 мг/л. Рассчитать концентрацию хрома в створе полного смешения. Допустимо ли такое содержание хрома с точки зрения санитарно-гигиенических требований?

22. Расход сточных вод предприятия составляет 0,27 $м^3$/с. Наименьший среднемесячный расход воды в реке культурно-бытового назначения составляет 21,8 $м^3$/с. Сточные воды содержат ионы свинца. Фоновая концентрация свинца в воде реки составляет 0,0 мг/л. Рассчитать концентрацию свинца в створе полного смешения. Допустимо ли такое содержание свинца с точки зрения санитарно-гигиенических требований?

23. Расход сточных вод предприятия составляет 0,78 $м^3$/с. Наименьший среднемесячный расход воды в реке рыбохозяйственного назначения составляет 24,0 $м^3$/с. Сточные воды содержат 85 мг/л кобальта. Фоновая концентрация кобальта в воде реки составляет 0,0 мг/л. Рассчитать концентрацию кобальта в створе полного смешения. Допустимо ли такое содержание кобальта с точки зрения санитарно-гигиенических требований? Рассчитать необходимую степень очистки сточных вод.

24. Чему равно НДС для нефтепродуктов, если предприятие сбрасывает в водный объект, с минимальным среднемесячным расходом воды при 95 % обеспеченности 20 $м^3$/сек. 0,5 $м^3$/сек. сточных вод, в которых предельно допустимая концентрация нефтепродуктов составляет 4 мг/$м^3$: 1) 1 г/с; 2) 2 г/с; 3) 3 г/с; 4) 5 г/с; 5) 10 г/с?

25. Чему равно НДС для железа, если предприятие сбрасывает в водный объект, с минимальным среднемесячным расходом воды при 95 % обеспеченности 10 $м^3$/сек. 0,5 $м^3$/сек. сточных вод, в которых предельно допустимая концентрация железа составляет 1,5 мг/$м^3$?

26. При каких обстоятельствах возможно равенство для загрязнённых струй C_{max}=ПДК: 1) невозможно ни при каких обстоятельствах; 2) всегда

возможно; 3) возможно только в створе полного смешения при соблюдении норматива ПДС; 4) возможно только в контрольном створе при соблюдении норматива ПДС; 5) возможно при $С_{ст.}$= ПДК?

2.5. Расчет платы за сброс загрязняющих веществ в водный объект

Плата за сбросы загрязняющих веществ в водные объекты или на рельеф местности взимается с предприятий независимо от их ведомственной принадлежности, вида и формы собственности. Эта плата взимается и в том случае, если сброс осуществляется предприятиями через системы коммунальной канализации.

Плата за сбросы загрязняющих веществ в размерах, не превышающих установленные нормативы НДС ($П_н$), определяется путем умножения соответствующих ставок платы (плата за сброс 1 т *i*-го загрязняющего вещества $Сн_i$) на величину загрязнения (фактический сброс *i*-го загрязняющего вещества M_i) и суммирования полученных произведений по видам загрязняющих веществ:

$$П_Н^{вод.} = \sum_{i=1}^{n} С_{Нi}^{вод.} \cdot М_i^{вод.} \text{ при } М_i^{вод.} \le М_{Нi}^{вод.}, \qquad (2.15)$$

где $М_i^{вод.}$ - фактический сброс *i*-того загрязняющего вещества, т;

$М_{Нi}^{вод.}$ - предельно допустимый сброс (ПДС) *i*-того загрязняющего вещества, т;

$С_{Нi}^{вод.}$ - ставка платы за сброс 1 тонны *i*-того загрязняющего вещества в пределах НДС, руб., равная $Н_{БНi}^{вод.}$ - базовому нормативу платы за сброс 1 тонны i-того загрязняющего вещества в размерах, не превышающих ПДС, руб. (табл. 2.5).

Плата за сбросы загрязняющих веществ в пределах установленных лимитов (ВСС) ($П_Л^{вод.}$) определяется умножением соответствующих ставок платы ($С_{Лi}^{вод.}$) на разницу между фактическими ($М_i^{вод.}$) и предельно допустимыми ($М_{Нi}^{вод.}$) сбросами загрязняющих веществ и суммирования полученных произведений по видам загрязняющих веществ:

$$П_Л^{вод.} = \sum_{i=1}^{n} С_{Лi}^{вод.} \cdot (М_i^{вод.} - М_{Нi}^{вод.}) \text{ при } М_{Нi}^{вод.} < М_i^{вод.} \le М_{Лi}^{вод.}, \qquad (2.16)$$

где $М_i^{вод.}$ - фактический сброс *i*-того загрязняющего вещества, т;

$М_{Нi}^{вод.}$ - предельно допустимый сброс (ПДС) *i*-того загрязняющего вещества, т;

$M_{Лi}^{вод.}$ - сброс загрязняющих веществ в пределах установленного лимита, т;

$C_{Лi}^{вод.}$ - ставка платы за сброс 1 тонны *i*-того загрязняющего вещества в пределах установленных лимитов, руб. (табл. 2.5), равная $5 \cdot H_{БНi}^{вод.}$.

Плата за сверхлимитный сброс загрязняющих веществ в водный объект:

$$П_{СЛ}^{вод.} = \sum_{i=1}^{n} C_{СЛi}^{вод.} \cdot (M_i^{вод.} - M_{Лi}^{вод.}) \text{ при } M_i^{вод.} > M_{Лi}^{вод.}, \qquad (2.17)$$

$C_{СЛi}^{вод.}$ - ставка платы за сброс 1 тонны *i*-того загрязняющего вещества сверх установленных лимитов, в рублях, при соотношении $C_{СЛi}^{вод.} = 5 \cdot 5 \cdot H_{БНi}^{вод.}$.

В случае поступления со сточными водами загрязняющих веществ, не предусмотренных при согласовании проекта, плата взимается как за сверхлимитное загрязнение. Аналогично в случае сброса загрязняющих веществ в водные объекты или на рельеф местности без соответствующего разрешения, в случае аварийных сбросов платежи взимаются как за сверхлимитное загрязнение.

Общая плата за загрязнение водного объекта определяется по формуле:

$$П_{общ.}^{вод.} = \left(П_{Н}^{вод.} + П_{Л}^{вод.} + П_{СЛ}^{вод.}\right) \cdot K_{Э}^{вод.} \cdot K_{И}, \qquad (2.18)$$

где $K_{Э}^{вод.}$ - коэффициент экологической ситуации и экологической значимости поверхностного водного объекта в рассматриваемом регионе (табл. П. 4);

$K_{И}$ - коэффициент индексации платы. В 2010 г. коэффициент индексации платы составляет 1,79 (к уровню 2003 г.) и 1,46 (к уровню 2005 г.).

Плата за сброс сточных вод на земледельческие поля орошения при соблюдении установленных природопользователю норм нагрузки сточных и загрязняющих веществ определяется как за сброс в водный объект в пределах установленных нормативов. При несоблюдении правил эксплуатации и норм нагрузки платежи взимаются как за сверхлимитное загрязнение.

При сбросе загрязняющих веществ в специальные водоотводящие устройства (сбросные и дренажные каналы, балки и т.д.), через которые сточные воды попадают в водные объекты, плата определяется как за сброс в пределах допустимых нормативов.

Таблица 2.5 - Нормативы платы за сбросы загрязняющих веществ в водные объекты (по состоянию на * 2005 г.)

Наименование загрязняющих веществ	Норматив платы за сброс 1 тонны веществ, руб.	
	в пределах НДС	в пределах установленных лимитов
Азот аммиака	5510	27550
Азот нитритов*	3444	17220
Азот нитратов	31	155
БПК	91	455
Взвешенные вещества	366	1830
Железо*	2755	13775
Кобальт	27548	137740
Марганец	27548	137740
Метанол	2755	13775
Медь	275481	1377405
Нефтепродукты	5510	27550
Никель	27548	137740
СПАВ	551,6	2758
Свинец*	45913	229565
Сульфаты	2,5	12,5
Фенол	275481	1377405
Формальдегид	2755	13775
Хлориды	0,9	4,5
Хром трехвалентный*	3935	19675
Цинк	27548	137740

Пример. В водоем со сточными водами сбрасываются 350 т меди (Cu^{2+}) в год, что не превышает временно согласованные сбросы. Нормативно допустимый сброс составляет 220 т/год. Определить плату за сброс меди в водоем, расположенный в бассейне реки Дон Ростовской области.

Решение. Количество ионов меди в сточных водах превышает нормативно допустимое, следовательно, расчет платы ведем по формулам 2.15 и 2.16. Подставив их в формулу 2.18, получим:

$$П_{общ} = [C_{Hi}^{вод.} \cdot M_{Hi}^{вод.} + C_{Лi}^{вод.} \cdot (M_i^{вод.} - M_{Hi}^{вод.})] \cdot K_Э \cdot K_И$$

Коэффициент экологической ситуации для бассейна реки Дон берем из табл. 4 П, $K_Э$ = 1,56. Норматив платы за сброс 1 т меди берем из табл. 2.5.

$П_{общ}$ = [275481руб/т·220т/год +1377405руб/т·(350-220)]·1,56·1,79 = 669250235,60 руб./год или ~669,25 млн. руб./год.

Задания для самостоятельного решения

1. Содержание марганца в сточных водах, сбрасываемых в водоем в количестве 1,2 $м^3$/с, составляет 18 мг/л. Рассчитайте годовые платежи за сброс марганца в водоем, расположенный в бассейне реки Дон Ростовской области,

если НДС равен 12 г/с.

2. Содержание нефтепродуктов и железа в сточных водах, сбрасываемых в водоем в количестве 0,89 $м^3$/с, составляет 1,02 и 25,1 мг/л соответственно. Рассчитайте годовые платежи за сброс загрязняющих веществ в водоем, расположенный в бассейне реки Невы Ленинградской области, если нормативно допустимый сброс нефтепродуктов и железа равен 0,92 и 11 г/с.

3. В водоем со сточными водами сбрасываются 400 т никеля в год, что не превышает временно согласованные сбросы. Нормативно допустимый сброс составляет 360 т/год. Определить плату за сброс никеля в водоем, расположенный в бассейне реки Дон Ростовской области.

4. В водоем со сточными водами сбросили 520 т ПАВ в год, что не превышает временно согласованные сбросы. Нормативно допустимый сброс составляет 440 т/год. Определить плату за сброс ПАВ в водоем, расположенный в бассейне реки Енисей Красноярского края.

5. В водоем со сточными водами сбросили 56 т азота нитратов, 4,2 т БПК, 400 т взвешенных веществ, 32 т железа, 1,3 т кобальта и 0,56 т метанола в год, что не превышает временно согласованные сбросы. Нормативно допустимый сброс для загрязняющих веществ составляет 30 т азота нитратов, 3,7 т для БПК, 7,5 т железа, 1,6 т кобальта и 0,21 т метанола в год. Определить индивидуальную и общую годовую плату за сброс загрязняющих веществ в водоем, расположенный в бассейне реки Амур Амурской области.

6. ПДС сброса нефтепродуктов от данного предприятия – 1 т/год. Реальный сброс нефтепродуктов составляет 2 т/год, который соответствует ВСС. Как будут исчисляться годовые платежи за сброс нефтепродуктов: 1) $Н_{БН}$·НДС; 2) 5$Н_{БН}$·НДС; 3) $Н_{БН}$·ВСС; 4) 5$Н_{БН}$·ВСС; 5) 25$Н_{БН}$·ВСС?

Раздел 3. Оценка степени опасности загрязнения почвы химическими веществами

При установлении очередности осуществления гигиенических и природоохранных мероприятий, важное значение имеет ранжирование почв по степени опасности их загрязнения химическими веществами. На основании этого определяются территории, требующие первоочередных капиталовложений при осуществлении контроля за загрязнением почв, разработке комплексных мероприятий по их охране, при разработке схем районной планировки, гигиенической оценке почв в районах урбанизации и мероприятий по рекультивации земель.

Результаты гигиенических исследований почв, загрязненных тяжелыми металлами, нефтепродуктами и другими веществами позволили впервые разработать методические подходы для оценки степени опасности загрязнения почвы этими токсикантами по уровню их возможного воздействия на системы "почва - растение", "почва - микроорганизмы, биологическая активность",

"почва - грунтовые воды", "почва - атмосферный воздух" и опосредованно на здоровье человека.

Использование унифицированных методических подходов способствует получению сопоставимых данных при оценке уровня загрязнения почвы и возможных последствий загрязнения, а также позволит прогнозировать качество пищевых продуктов растительного происхождения. Накопление фактического материала по загрязнению почв и их опосредованного воздействия на человека даст возможность в последующем совершенствовать предлагаемые указания.

Данные указания не распространяются на оценку загрязнения пестицидами.

С гигиенических позиций опасность загрязнения почвы химическими веществами определяется уровнем ее возможного отрицательного влияния на контактирующие среды (вода, воздух), пищевые продукты и опосредованно на человека, а также на биологическую активность почвы и процессы ее самоочищения.

Основным критерием гигиенической оценки опасности загрязнения почвы вредными веществами является предельно допустимая концентрация (ПДК) химических веществ в почве. ПДК представляет собой комплексный показатель безвредного для человека содержания химических веществ в почве, так как используемые при их научном обосновании критерии отражают все возможные пути опосредованного воздействия загрязнителя на контактирующие среды, биологическую активность почвы и процессы ее самоочищения. При этом каждый из путей воздействия оценивается количественно с обоснованием допустимого уровня содержания веществ по каждому показателю вредности. Наименьшее из обоснованных уровней содержание является лимитирующим и принимается за ПДК вещества, так как отражает наиболее уязвимый путь воздействия данного токсиканта.

Для оценки опасности загрязнения почв выбор химических веществ - показателей загрязнения проводится с учетом:

- специфики источников загрязнения, определяющих комплекс химических элементов, участвующих в загрязнении почв изучаемого региона (табл. 5 П);
- приоритетности загрязнителей в соответствии со списком ПДК химических веществ в почве (табл. 3.2) и их классом опасности;
- характером землепользования (табл.6 П).

При отсутствии возможности учета всего комплекса химических веществ, загрязняющих почву, оценку осуществляют по наиболее токсичным веществам, т.е. относящимся к более высокому классу опасности.

В случае отсутствия в приведенных документах (табл. 3.2) класса опасности химических веществ, приоритетных для почв обследуемого района, их класс опасности может быть определен по индексу опасности.

Отбор проб почвы, их хранение, транспортировка и подготовка к анализу осуществляется в соответствии с ГОСТ 17.4.4.02-84 «Охрана природы.

Почвы. Методы отбора и подготовки проб почвы для химического, бактериологического и гельминтологического анализа».

Определение химических веществ в почве проводится методами, разработанными при обосновании их ПДК в почве и утвержденными МЗ СССР, которые опубликованы в приложениях к «Предельно допустимым концентрациям химических веществ в почве (ПДК)» (1979, 1980, 1982, 1985 г.).

В общем плане при оценке опасности загрязнения почв химическими веществами следует учитывать:

а) опасность загрязнения тем больше, чем больше фактические уровни содержания контролируемых веществ в почве (С) превышают ПДК. То есть опасность загрязнения почвы тем выше, чем больше значение коэффициента опасности ($К_о$) превышает 1, т.е.:

$$K_o = C/ПДК; \quad (3.1)$$

б) опасность загрязнения тем выше, чем выше класс опасности контролируемых веществ;

в) оценка опасности загрязнения любым токсикантом должна проводиться с учетом буферности почвы (Под "буферностью почвы" понимается совокупность свойств почвы, определяющих ее барьерную функцию, обуславливающую уровни вторичного загрязнения химическими веществами контактирующих с почвой сред: растительности, поверхностных и подземных вод, атмосферного воздуха. Основными компонентами почвы, создающими буферность, являются тонкодисперсные минеральные частицы, определяющие ее механический состав, органическое вещество (гумус), а также реакция среды - pH), влияющей на подвижность химических элементов, что определяет их воздействие на контактирующие среды и доступность растений. Чем меньшими буферными свойствами обладает почва, тем большую опасность представляет ее загрязнение химическими веществами. Следовательно, при одной и той же величине Ко опасность загрязнения будет больше для почв с кислым значением pH, меньшим содержанием гумуса и более легким механическим составом. Например, если $К_о$ вещества оказались равными в дерново-подзолистой супесчаной почве, в дерново-подзолистой суглинистой почве и черноземе, то в порядке возрастания опасности загрязнения почвы могут быть расположены в следующий ряд: чернозем < суглинистая дерново-подзолистая почва < супесчаная дерново-подзолистая почва.

Оценка опасности почв, загрязненных химическими веществами, проводится дифференцировано для разных почв (разного характера землепользования) и основывается на 2 основных положениях:

1. Хозяйственное использование территорий (почвы населенных пунктов, сельскохозяйственные угодья, рекреационные зоны и т.д.).

2. Наиболее значимые для этих территорий пути воздействия загрязнения почвы на человека.

В связи с этим предлагаются различные схемы оценки опасности загрязнения почв населенных пунктов и почв, используемых для выращивания сельскохозяйственных растений.

3.1. Гигиеническая оценка почв, используемых для выращивания сельскохозяйственных растений

Основой оценки опасности загрязнения почв, используемых для выращивания сельскохозяйственных растений, является транслокационный показатель вредности, являющийся важнейшим показателем при обосновании ПДК химических веществ в почве. Это обусловлено тем, что:

1) с продуктами питания растительного происхождения в организм человека поступает в среднем 70 % вредных химических веществ;

2) уровень транслокации определяет уровень накопления токсикантов в продуктах питания, влияет на их качество. Существующая разница допустимых уровней содержания химических веществ по различным показателям вредности (табл. 3.2.) и основные положения дифференциальной оценки степени опасности загрязненных почв позволяют также дать рекомендации по практическому использованию загрязненных территорий.

Опасность загрязнения почв, используемых для выращивания сельскохозяйственных растений определяется в соответствии с табл. 3.1 и 3.2. В табл. 3.1 приведены основные принципы оценки почв и рекомендации по их использованию и снижению неблагоприятного действия загрязнений. Данные табл. 3.2 являются логическим дополнением табл. 3.1 и представляют необходимые сведения для ранжирования почв по уровню загрязнения в соответствии с принципами, изложенными в табл. 3.1.

Таблица 3.1 - Принципиальная схема оценки почв сельскохозяйственного использования, загрязненных химическими веществами

Категория загрязненности почв	Характеристика загрязненности	Возможное использование территории	Предлагаемые мероприятия
I. Допустимая	Содержание химических веществ в почве превышает фоновое, но не выше ПДК	Использование под любые культуры	Снижение уровня воздействия источников загрязнения почвы. Осуществление мероприятий по снижению доступности токсикантов для растений (известкование, внесение органических удобрений и т.п.)
II. Умеренно опасная	Содержание химических веществ в почве превышает их ПДК при лимитирующем общесанитарном, миграционном водном и миграционном воздушном показателях вредности, но ниже допустимого уровня по транслокационному показателю	Использование под любые культуры при условии контроля качества сельскохозяйственных растений	Мероприятия, аналогичные категории I. При наличии веществ с лимитирующим миграционным водным или миграционным воздушным показателями проводится контроль за содержанием этих веществ в зоне дыхания с/х рабочих и в воде местных водоисточников

III. Высоко опасная	Содержание химических веществ в почве превышает их ПДК при лимитирующем транслокационном показателе вредности	Использование под технические культуры. Использование под с/х культуры ограничено с учетом растений-концентраторов	1. Кроме мероприятий, указанных для категории I, обязательный контроль за содержанием токсикантов в растениях, продуктах питания и кормах. 2. При необходимости выращивания растений продуктов питания рекомендуется их пере мешивание с продуктами, выращенными на чистой почве. 3. Ограничение использования зеленой массы на корм скоту с учетом растений концентраторов
IV. Чрезвычайно опасная	Содержание химических веществ превышает ПДК в почве по всем показателям вредности	Использование под технические культуры или исключение из сельскохозяйственного использования	Мероприятия по снижению уровня загрязнения и связыванию токсикантов в почве. Контроль за содержанием токсикантов в зоне дыхания с/х рабочих и в воде местных лесоводоисточников. Защитные полосы.

Таблица 3.2 - Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве и допустимые уровни их содержания по показателям вредности

Наименование вещества	ПДК мг/кг почвы с учетом фона	Показатели вредности			
		транслокационный	миграционный		общесанитарный
			водный	воздушный	
Подвижная форма					
Медь	3,0	3,5	72,0	-	3,0
Никель	4,0	6,7	14,0	-	4,0
Цинк	23,0	23,0	200,0	-	37,0
Фтор	2,8	2,8	-	-	-
Свинец	6,0	-	-	-	6,0
Кобальт	5,0	25,0	> 1000,0	-	5,0
Хром	6,0	-	-	-	6,0
Водорастворимая форма					

Фтор	10,0	10,0	10,0	-	25,0
Валовое содержание					
Сурьма	4,5	4,5	4,5	-	50,0
Марганец	1500,0	3500,0	1500,0	-	1500,0
Ванадий	150,0	170,0	350,0	-	150,0
Марганец + ванадий	1000,0 + 100,0	1500,0 + 150,0	2000,0 + 200,0	-	1000,0 + 100,0
Свинец	30,0	35,0	260,0	-	30,0
Мышьяк	2,0	2,0	15,0	-	10,0
Ртуть	2,1	2,1	33,3	2,5	5,0
Свинец + ртуть	20,0 + 1,0	20,0 + 1,0	30,0 + 2,0	-	30,0 + 2,0
Хлористый калий (K_2O)	560,0	1000,0	560,0	1000	5000,0
Нитраты	130,0	180,0	130,0	-	225,0
Бенз(а)пирен (БП)	0,02	0,2	0,5	-	0,02
Бензол	0,3	3,0	10,0	0,3	50,0
Толуол	0,3	0,3	100,0	0,3	50,0
Изопропилбензол	0,5	3,0	100,0	0,5	50,0
Альфаметилстирол	0,5	3,0	100,0	0,5	50,0
Стирол	0,1	0,3	100,0	0,1	1,0
Ксилолы	0,3	0,3	100,0	0,4	1,0
Сернистые соединения (S):					
сероводород (H_2S)	0,4	160,0	140,0	0,4	160,0
элементарная сера	160,0	180,0	380,0	-	160,0
серная кислота	160,0	180,0	380,0	-	160,0
ОФУ	3000,0	9000,0	3000,0	6000,0	3000,0
КГУ	120,0	800,0	120,0	800,0	800,0
ЖКУ	80,0	> 800,0	80,0	> 800,0	800,0

Пример. Две пробы почвы, взятых на различной территории, загрязнены никелем, содержание подвижных форм которого составляет в первой 20 мг/кг (1) и во второй - 5 мг/кг (2). Дать характеристику почвам рассматриваемых территорий.

Решение. На основании табл. 3.1 и 3.2 почва (1) должна быть отнесена к категории "чрезвычайно высокого" загрязнения, т.к. уровень содержания никеля превышает допустимые уровни содержания этого элемента по всем показателям вредности: транслокационному, миграционному водному и общесанитарному. Такая почва может быть использована только под технические культуры или полностью исключена из сельскохозяйственного использования.

Почва 2 может быть отнесена к категории "умеренно опасной", т.к. содержание никеля (5 мг/кг) превышает его ПДК (4 мг/кг), но не превышает допустимый уровень по транслокационному показателю вредности (6,7 мг/кг). В этом случае почва может быть использована под любые сельскохозяйственные культуры при одновременном осуществлении мероприятий по снижению доступности токсиканта - никеля - для растений.

3.2. Оценка уровня химического загрязнения почв

Оценка уровня химического загрязнения почв как индикаторов неблагоприятного воздействия на здоровье населения проводится по показателям, разработанным при сопряженных геохимических и геогигиенических исследованиях окружающей среды городов. Такими показателями являются: ***коэффициент концентрации химического вещества*** (Кс), который определяется отнесением его реального содержания в почве (С) к фоновому или его предельно допустимой концентрации ($C_ф$):

$$К_с = C/C_ф; \qquad (3.2)$$

и ***суммарный показатель загрязнения*** (Z_c). Последний равен сумме коэффициентов концентраций химических элементов и выражен следующей формулой:

$$Z_c = [\sum_{i=1}^{n} К_c]-(n-1); \qquad (3.3)$$

где n - число суммируемых элементов.

Оценка опасности загрязнения почв комплексом металлов по показателю Z_c, отражающему дифференциацию загрязнения воздушного бассейна городов как металлами, так и другими, наиболее распространенными ингредиентами (пыль, оксид углерода, оксиды азота, сернистый ангидрид), проводится по оценочной шкале, приведенной в табл. 3.3. Градации оценочной шкалы разработаны на основе изучения показателей состояния здоровья населения, проживающего на территориях с различным уровнем загрязнения почв.

Таблица 3.3 - Ориентировочная оценочная шкала опасности загрязнения почв по суммарному показателю загрязнения (Z_c)

Степень загрязнения почв	Вели чина (Zc)	Изменения показателей здоровья населения в очагах загрязнения	Коэффициент $К_З$
Допустимая	Менее 2	Наиболее низкий уровень заболеваемости детей и минимальная частота встречаемости функциональных отклонений	0
Слабая	2-8	Увеличение общей заболеваемости	0,3

средняя	8-32	Увеличение общей заболеваемости, числа часто болеющих детей, детей с хроническими заболеваниями, нарушениями функционального состояния сердечно-сосудистой системы	0,6
сильная	32-64		1,0
Очень сильная	Более 64	Увеличение заболеваемости детского населения, нарушение репродуктивной функции женщин (увеличение токсикоза беременности, числа преждевременных родов, мертворождаемости, гипотрофий новорожденных)	2,0

Пример. На территории населенного пункта расположено предприятие по производству фосфорных удобрений. Почвы населенного пункта загрязнены мышьяком, медью, цинком, валовое содержание которых составляет 25, 66 и 350 мг/кг соответственно, а также фтором с содержанием 13 мг/кг. Определить суммарный показатель загрязнения почв и оценить уровень их загрязнения.

Решение. По формуле (3.3) рассчитываем суммарный показатель загрязнения почв указанным комплексом загрязнителей:

$$Z_c = [\sum K_c]-(n-1) = Z_c = [\sum C/ПДК]-(n-1)$$

$$Z_c = \left(\frac{25}{2,0} + \frac{66}{23} + \frac{350}{85} + \frac{13}{10}\right) - (4-1) = 17,79$$

По табл. 4 степень загрязнения почвы указанной территории средняя, так как показатель Z_c лежит в интервале 8-32. Для населения, проживающего на территории, где расположено данное предприятие, будет характерно увеличение общей заболеваемости, увеличение числа часто болеющих детей.

Задания для самостоятельной работы

1. Почвы сельскохозяйственного назначения загрязнены цинком и медью, содержание подвижных форм которых составляет для цинка – 35 мг/кг, для меди – 2,7 мг/кг. Дать характеристику загрязненности почв рассматриваемой территории.

2. Почвы территорий сельскохозяйственного назначения загрязнены цинком, содержание подвижных форм которого составляют в первой пробе 27 мг/кг, во второй – 15 мг/кг. Дать характеристику загрязненности почв рассматриваемых территорий.

3. Почвы сельскохозяйственного назначения загрязнены: первая марганцем, валовое содержание которого составляет 1750 мг/кг, вторая нитратами, валовое содержание которых составляет 150 мг/кг. Дать характеристику загрязненности почв рассматриваемых территорий.

4. Почвы сельскохозяйственного назначения загрязнены: первая хромом, валовое содержание которого составляет 40 мг/кг, вторая цинком, валовое содержание которого составляет 120 мг/кг. Дать характеристику загрязненности почв рассматриваемых территорий.

5. Почвы сельскохозяйственного назначения загрязнены: нитратами, валовое содержание которых составляет в первой 130 мг/кг, во второй – 225 мг/кг. Дать характеристику загрязненности почв рассматриваемых территорий.

6. На территории населенного пункта расположено предприятие по производству цветных металлов. Почвы населенного пункта загрязнены свинцом, цинком, медью, хромом, мышьяком, валовое содержание которых составляет 75, 460, 150, 80 и 30 мг/кг соответственно. Рассчитать суммарный показатель загрязнения почв и оценить уровень их загрязнения.

7. На территории населенного пункта расположено электрогенерирующее предприятие. Почвы населенного пункта загрязнены свинцом, марганцем, бенз(а)пиреном, бензолом, сернистыми соединениями (H_2SO_4), валовое содержание которых составляет 150, 2900, 0,5; 8,0 и 270 мг/кг соответственно. Рассчитать суммарный показатель загрязнения почв и оценить уровень их загрязнения.

8. На территории населенного пункта находится предприятие машиностроительной промышленности. Почвы населенного пункта загрязнены свинцом, цинком, никелем, хромом, медью, содержание подвижных форм которых составляют: 28; 160; 85; 120 и 55 мг/кг соответственно. Рассчитать суммарный показатель загрязнения почв и оценить уровень их загрязнения.

3.3.Расчет платы за ущерб от загрязнения земель

Размеры платы за ущерб от загрязнения земель определяются исходя из затрат на проведение полного объема работ по очистке загрязненных земель. В случае невозможности оценить указанные затраты размеры платы рассчитывается по следующей формуле:

$$\text{П} = \sum_{i=1}^{n} (H_{C^*} \cdot S_i \cdot K_B \cdot K_Э \cdot K_{З_i} \cdot K_Г), \qquad (3.4)$$

где П - размер платы за ущерб от загрязнения земель одним или несколькими (от 1 до n) химическими веществами, тыс. руб.;

H_{C^*} - норматив стоимости сельскохозяйственных земель, тыс. руб./га (* Нормативы стоимости сельскохозяйственных земель H_c приравниваются к «Нормативам стоимости освоения новых земель взамен изымаемых сельскохозяйственных угодий для несельскохозяйственных нужд» табл.8 П);

S_i – площадь земель, загрязненных химическим веществом *i*-го вида, га;

K_B - коэффициент пересчета в зависимости от периода времени по восстановлению загрязненных сельскохозяйственных земель, (табл.9 П);

$K_{З_i}$ - коэффициент пересчета в зависимости от степени загрязнения земель химическим веществом *i*-го вида (табл. 7 П);

$K_Э$ - коэффициент экологической ситуации и экологической значимости территории (табл. 3 П);

$K_Г$ – коэффициент пересчета в зависимости от глубины загрязнения земель (табл. 8 П).

Под допустимым уровнем загрязнения понимается содержание в почве химических веществ, не превышающее их предельно допустимых концентраций (ПДК) (табл.3.2). При допустимом уровне загрязнения коэффициент $К_З$ приравнивается к нулю, тогда П=0, следовательно, плата не взимается.

В случае отсутствия в табл. 3.2 химических веществ, загрязнивших земли, коэффициент $К_З$ находится по формуле:

$$К_З = \frac{С_{i\text{факт.}}}{С_{i\text{фон.}}}, \qquad (3.5)$$

где $C_{i\ факт.}$ – фактическое содержание i-го токсиканта в почве, мк/кг;

$C_{i\ фон.}$ – значение регионально-фонового содержания в почве i-го токсиканта (табл. 3.4).

Под ***регионально-фоновым содержанием химических веществ*** понимается их содержание в почвах территорий, не испытывающих техногенной нагрузки.

Таблица 3.4 – Фоновое содержание валовых форм тяжелых металлов и мышьяка в почвах, мг/кг

Почвы	Zn	Cd	Pb	Hg	Cu	Co	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	15	45	5,6
Каштановые	54	0,16	16	0,15	20	12	35	5,2

Размеры ущерба за загрязнения земель несанкционированными свалками отходов определяются по формуле:

$$П = \sum_{i=1}^{n}(H_{Пi} \cdot M_i \cdot K_{Э_i} \cdot 25 \cdot K_B), \qquad (3.6)$$

где $H_{Пi}$ - норматив платы за захламление земель 1 т ($м^3$) отходов i-го вида, руб (табл.3.5);

$М_i$ – масса (объем) отхода i-го вида, т, $м^3$;

$K_Э$ - коэффициент экологической ситуации и экологической значимости территории (табл. 3 П);

25 – повышающий коэффициент за загрязнения земель отходами несанкционированными свалок;

K_B коэффициент пересчета в зависимости от периода времени по восстановлению загрязненных сельскохозяйственных земель, (табл.9 П);

Таблица 3.5 – Нормативы платы за захламление земель несанкционированными свалками отходов $H_П$

Вид отхода (по классам опасности для окружающей среды)	Норматив платы за размещение 1 т отхода, руб./т
I класса опасности (чрезвычайно опасные)	1739,2
II класса опасности (высокоопасные)	745,4
III класса опасности (умеренно опасные)	497
IV класса опасности (малоопасные)	248,4
V класса опасности (практически неопасные): добывающей промышленности перерабатывающей промышленности прочие	 0,4 15 (куб.метр) 8

3.4 Расчет платы за размещение отходов производства

Размер платы за размещение отходов в пределах установленных природопользователю лимитов определяется по формуле:

$$П_{Л}^{отх.} = \sum_{i=1}^{n} C_{Лi}^{отх.} \cdot M_i^{отх.} \text{ при } M_i^{отх.} \le M_{Лi}^{отх.} \qquad (3.7)$$

где $M_i^{отх.}$ - фактическое размещение *i*-того отхода, т, куб. м;

$M_{Лi}^{отх.}$ - годовой лимит на размещение *i*-того отхода, т, куб. м;

$C_{Лi}^{отх.}$ - ставка платы за размещение 1 тонны *i*-того отхода в пределах установленных лимитов, руб., равная - базовому нормативу платы за размещение 1 тонны *i*-того отхода в пределах установленных лимитов, руб. (табл. 3.5).

Размер платы за сверхлимитное размещение токсичных и нетоксичных отходов:

$$П_{СЛ}^{отх.} = \sum_{i=1}^{n} C_{СЛi}^{отх.} \cdot (M_i^{отх.} - M_{Лi}^{отх.}), \text{ при } M_i^{отх.} > M_{Лi}^{отх.} \qquad (3.8)$$

где $C_{СЛi}^{отх.}$ - ставка платы за размещение 1 тонны *i*-того отхода сверх установленных лимитов, руб., причем $C_{СЛi}^{отх.} = 5 \cdot H_{БНi}^{отх.}$.

Общая плата за размещение токсичных и нетоксичных отходов определяется по формуле:

$$П_{общ.}^{отх.} = \left(П_{Л}^{отх.} + П_{СЛ}^{отх.}\right) \cdot K_{Э}^{почв} \cdot K_{И}, \qquad (3.9)$$

где $K_{Э}^{почв}$ - коэффициент экологической ситуации и экологической значимости почв в рассматриваемом регионе (табл. П 3);

$K_{И}$ - коэффициент индексации платы (коэффициент индексации платы в 2010 году составляет 1,79 к уровню 2003 г. и 1,46 к уровню 2005 г.).

При размещении токсичных отходов на специализированных по их обезвреживанию, захоронению и хранению полигонах плата с природопользователей за размещение не взимается, а природопользователи в установленном порядке могут осуществлять страхование размещаемых отходов в связи с экологическим риском.

При размещении отходов на территориях, принадлежащих природопользователям, базовый норматив платы умножается на коэффициент 0,3.

В случае размещения отходов на неотведенной для этой цели территории (несанкционированная свалка) размер платы определяется по формуле:

$$П_{НС}^{отх.} = K_{P} \cdot \sum_{i=1}^{n} C_{СЛi}^{отх.} \cdot M_{i}^{отх.} \qquad (14)$$

где $M_{i}^{отх.}$ - фактическое количество размещаемого *i*-того отхода, т, куб. м;

K_{P} – коэффициент, учитывающий место размещения отходов: при размещении отходов в границах городов, населенных пунктов, водоемов, рекреационных зон и водоохранных территорий применяется коэффициент 5, менее 3 км от границ вышеперечисленных объектов – коэффициент 3.

$C_{СЛi}^{отх.}$ - ставка платы за размещение 1 тонны *i*-того отхода сверх установленных лимитов, руб., равная $C_{СЛi}^{отх.} = 5 \cdot H_{БНi}^{отх.}$.

Задачи для самостоятельного решения

1. Определить плату, которую взимают с предприятия, расположенного в Краснодарском крае, за размещение отходов 5 класса опасности на санкционированной свале, а 3 и 4 на территории предприятия с целью дальнейшей утилизации.

Наименование отхода	Класс опасности	Количество отхода, т/год	Лимит на образование отхода, т/год
Отходы изолированных проводов и кабелей	5	0,6	0,6
Электрические лампы накаливания отработанные и брак	5	0,04	0,04

Мусор с защитных решеток при водозаборе	5	5,6	5,0
Отходы (мусор) от уборки территории и помещений	5	11,3	11,3
Отходы стеклокоткани	4	4,6	4,8
Шлам очистки трубопроводов и емкостей (бочек, контейнеров, цистерн, гудронаторов) от нефти	3	28,4	28,0
Обтирочный материал, загрязненный маслами	4	0,5	0,5
Отходы затвердевшего поливинилхлорида и пенопласта	4	22,3	22,5
Остатки дизельного топлива, потерявшего потребительские свойства	3	4,7	4,6

2. Предприятие сбросило ТБО (5 класс опасности) в количестве 6,8 т в водоохраной зоне. Определить какую плату оно обязано будет заплатить за свой поступок (без учета административных штрафов), если предприятие располагается на территории Ивановской области.

3. Предприятие разместило 15 т токсичных отходов 2 класса опасности на специализированном полигоне по их обезвреживанию, захоронению и хранению на территории Ростовской области. Какую плату заплатит за это предприятие – природопользователь?

4. Как будут отличаться платежи, которые должно будет заплатить предприятие в случае: 1) размещения отходов на специальном полигоне с целью их дальнейшего захоронения и на территории населенного пункта; 2) на территории предприятия и в водоохраной зоне? Состав и количество отходов принимается одинаковым.

Рекомендуемая литература

1. Экология: учебное пособие/Под ред. проф. В.В. Денисова. – 4-е изд., исправл. и доп. – М.: ИКЦ «МарТ»; Ростов н/Д: Издательский центр «МарТ», 2008. – 768 с. (Серия «Учебный курс).

2. Опекунов А.Ю. Экологическое нормирование и оценка воздействия на окружающую среду: учебное пособие/А.Ю. Опекунов. – СПб.: Изд-во С. – Петерб. ун-та, 2006. – 261 с.

3. Хорунжий Б.И. Экологическое нормирование: метод. указ. по вып. расч.-граф. работы для студ. спец. 280401 – Мелиорация, рекультивация и охрана земель и 280402 – Природоохранное обустройство территорий/Б.И. Хорунжий; Новочерк. гос. мелиор. акад. - Новочеркасск, 2010. – 43 с.

4. Энциклопедия обращения с отходами/А.И. Матющенко, Т.А. Кулагина, Г.П. Крючков, Л.Н. Горбунова; науч. ред. А.И. Матющенко. – Москва-Смоленск: Изд-во «Маджента», 2007. – 427 с.

5. Дмитриев В.В. Прикладная экология: учебник для студ. высш. учеб. заведений / В.В. Дмитриев, А.И. Жиров, А.Н. Ласточкин. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 608 с.

6. ГОСТ Р 17.0.0.06-2000. Охрана природы. Экологический паспорт природопользователя. Основные положения. Типовые формы.

7. ГОСТ 17.2.3.01-86. Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов.

8. ГОСТ 17.2.3.02-78. Охрана природы. Атмосфера. Правила установления допустимых выбросов вредных веществ промышленными предприятиями.

9. ГОСТ 17.4.1.02-83. Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения.

10. Методические указания МУ 2.1.7.730-99. Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест.

11. СанПиН 2.2.1/2.1.1.984-00. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов.

12. СанПиН 2.1.7.1322-03. Гигиенические требования к размещению и обезвреживанию отходов производства и потребления. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы.

13. СП 2.1.7.1386-03. Санитарные правила по определению класса опасности токсичных отходов производства и потребления.

14. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий на территории жилой застройки.

15. СН 2.2.4/2.1.8.566-96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий.

16. СН 2.6.1.758-99. Ионизирующее излучение, радиационная безопасность. Нормы радиационной безопасности (НРБ 99).

17. ГН 2.1.6.695-98. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест.

18. Методика разработки нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты для водопользователей // Собрание законодательства Российской Федерации. - 2007. - № 31. – ст. 4088.

19. Инструктивно-методические указания по взиманию платы за загрязнение окружающей природной среды (утв. Минприроды РФ 26.01.1993 г. с изменениями от 15.02.2000 г.) – 24 с.

20. Методические указания по разработке нормативов допустимого воздействия на водные объекты/ разработаны в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 30 декабря 2006 г. № 881 «О порядке утверждения нормативов допустимого воздействия на водные объекты» (Собрание законодательства Российской Федерации, 2007, № 4, ст. 514).

21. Приказ Министерства природных ресурсов Российской Федерации от 15 июня 2001 г. № 511 «Об утверждении Критериев отнесения отходов I-IV классов опасности к классу опасности для окружающей природной среды».

22. «Методическими указаниями по разработке проектов нормативов образования отходов и лимитов на их размещение», Утв. Приказом МПР РФ от 11.03 2002 №115.

23. Постановление от 28 августа 1992 г. №632 «Об утверждении порядка определения платы и ее предельных размеров за загрязнение окружающей природной среды, размещение отходов, другие виды вредного воздействия» (с изм. от 12.02.2003г.).

Приложения

Таблица 1 – Расчетные характеристики топок.

Вид и марка топлива	Коэффициент избытка воздуха, *a*	Потери тепла от недожога топлива		Доля уноса золы из топки $Q_{ун}$
		q_3, %	q_4, %	
Камерные топки с твердым шлакоудалением				
Антрациты – А, АШ, АМ, АС	1,20-1,25	0,5	6-4	0,95
Каменные угли – Д, Т, Г	1,20	0,5	1,0-1,5	0,95
Бурые угли – Б и сланцы	1,20	0,5	0,5-1,0	0,95
Камерные топки с жидким шлакоудалением				
Антрациты – А, АШ, АМ, АС	1,20-1,25	0,5	3-4	0,85
Каменные угли – Д, Т, Г	1,20-1,25	0,5	0,5	0,80
Бурые угли - Б	1,20	0,5	0,5	0,70-0,80
Камерные топки				
Мазут	1,1	0,2	0,1	-
Природный газ	1,1	0,2	0	-
Топки с пневмомеханическим забрасыванием				
Донецкий антрацит	1,2-1,3	0,5-1,0	13,5	
Бурые угли	1,2-1,3	0,5-1,0	7,5	
Каменные угли – Д, Т, Г	1,2-1,3	0,5-1,0	5,5	

Таблица 2 – Технические характеристики некоторых марок угля

Марка	Содержание серы, сред. %	Содерж. золы, сред.,%	Содерж. влаги, сред,%	Выход летучих веществ, (сред. значение), %	Низшая теплота сгорания кДж/кг
Уголь Донецкого бассейна					
АШ	1,6	27,0	9,0	4,0	23032
АС	1,6	13,0	6,5	4,0	30151
АМ	1,1	7,8	5,5	3,5	30988
АО	1,1	6,0	5,5	3,5	31825
АК	1,1	5,5	5,5	3,5	30570

Марка	Содержание серы, сред. %	Содерж. золы, сред.,%	Содерж. влаги, сред,%	Выход летучих веществ, (сред. значение), %	Низшая теплота сгорания кДж/кг
Д	0,5	9,0	7,0	26,0	23450
Г	0,7	12,0	12,0	34,0	25125
Кузнецкий бассейн, разрез «Изыхский»					
ДР	0,6	24,0	18,0	42,2	29732
ДСШ	0,5	30,0	19,0	39,9	29313
ДОМСШ	1,0	28,5	19,0	39,9	30235
ДПК	0,5	24,9	17,5	39,0	29941
ДОМ	0,5	28,0	19,0	39,0	29732
Кузнецкий бассейн, Хакасразрезуголь					
ДР	0,5	24,0	18,6	43,5	21608-31198
ДСШ	0,5	24,0	19,0	43,7	20519
ДПК	0,5	20,5	18,6	43,1	22194-31826
ДОМ	0,5	20,5	18,6	42,7	22069
Уголь Кузбасского бассейна					
ДР	0,3	12,0-16,0	12,0-16,0	41,4	20938
ДРОК	0,3	17,2-19,2	19,0-21,2	40,5	18007
ДМСШ	0,2	11,0-13,0	12,0-15,0	41,5	21775
ДКОМ	0,2	15,0-17,0	9,0-11,0	45,7	23032
ДПК	0,4	9,5-11,0	13,0-16,0	43,0	22822
ДГР	0,3	15,0-18,0	11,0-13,0	38,8	22613
ТР	0,3	18,0-19,0	6,0-8,0	14,0	26256
ТПК	0,3	16,0-19,0	5,0-7,0	14,0	27261
ССПК	0,4	5,5-7,5	5,2-6,2	24,8	30528
СССШ	0,3	14,0-16,0	9,5-10,5	24,6	26800
Печорский угольный бассейн					
АМСШ	0,09	18,5	8,3	4,2	29104
ДКО	0,27	10,0	15,8	43,6	27910
Д	0,38	13,9	17,9	41,8	26177
ТОМСШ	0,3	17,0	14,0	17,0	25125
ТОМ	0,3	10,0	12,0	16,0	25125
ТПК	0,3	12,0	12,0	16,0	25544

Марка	Содержание серы, сред. %	Содерж. золы, сред.,%	Содерж. влаги, сред,%	Выход летучих веществ, (сред. значение), %	Низшая теплота сгорания кДж/кг
ССПК	0,5	9,8	5,8	27,1	33132
ССр	0,23	23,6	10,6	26,5	31344
2Бр	0,75	11,9	35,8	48,6	20335
КОр	0,37	20,4	7,8	27,9	35134

Таблица 3 – Коэффициенты экологической ситуации и экологической значимости состояния атмосферного воздуха и почвы по территориям экономических районов РФ

Экономические районы РФ	Коэффициент экологической ситуации и экологической значимости атмосферы	
	атмосферный воздух*	почвы**
Северный	1,4	1,4
Северо-Западный	1,5	1,3
Центральный	1,9	1,6
Волго-Вятский	1,1	1,5
Центрально-Черноземный	1,5	2,0
Поволжский	1,9	1,9
Северо-Кавказский	1,6	1,9
Уральский	2,0	1,7
Западно-Сибирский	1,2	1,2
Восточно-Сибирский	1,4	1,1
Дальневосточный	1,0	1,1
Калининградская область	1,5	1,3

*Применяется с дополнительным коэффициентом 1,2 при выбросах загрязняющих веществ в атмосферный воздух городов.

** Применяется при взимании платы за размещение отходов.

Таблица 4 – Значения коэффициента экологической значимости состояния водных объектов $К_{Э}^{вод.}$ для различных водохозяйственных участков

Бассейны морей и рек	Значение коэффициента
Бассейн Балтийского моря	
Бассейн р. Невы	
Ленинградская область	1,51
Новгородская область	1,14
Псковская область	1,12
Тверская область	1,08
Город Санкт-Петербург	1,51
Прочие реки бассейна Балтийского моря	1,04

Бассейны морей и рек	Значение коэффициента
Бассейн Каспийского моря	
Бассейн р. Волги	
Астраханская область	1,31
Владимирская область	1,17
Волгоградская область	1,32
Ивановская область	1,17
Калужская область	1,17
Кировская область	1,11
Костромская область	1,17
Московская область	1,2
Нижегородская область	1,14
Новгородская область	1,06
Оренбургская область	1,09
Орловская область	1,17
Пензенская область	1,31
Пермская область	1,13
Рязанская область	1,17
Самарская область	1,36
Саратовская область	1,32
Свердловская область	1,1
Смоленская область	1,16
Тамбовская область	1,09
Тверская область	1,17
Тульская область	1,19
Ульяновская область	1,31
Челябинская область	1,1
Ярославская область	1,19
Город Москва	1,41
Бассейн р. Урал	
Оренбургская область	1,45
Челябинская область	1,2
Прочие реки бассейна Каспийского моря	1,06
Бассейн Азовского моря	
Бассейн р. Дон	
Ставропольский край	1,26
Белгородская область	1,15
Волгоградская область	1,07
Воронежская область	1,15
Курская область	1,11
Липецкая область	1,2
Орловская область	1,11
Пензенская область	1,07

Бассейны морей и рек	Значение коэффициента
Ростовская область	1,56
Саратовская область	1,07
Тамбовская область	1,12
Тульская область	1,14
Бассейн р. Кубань	
Краснодарский край	2,0
Ставропольский край	1,53
Прочие реки бассейна Азовского моря	1,15
Бассейн Черного моря	
Бассейн р. Днепр	
Белгородская область	1,05
Брянская область	1,3
Калужская область	1,12
Курская область	1,14
Смоленская область	1,33
Прочие реки бассейна Черного моря	1,2
Бассейны морей Северного Ледовитого и Тихого океана	
Бассейн р. Печоры	
Архангельская область	1,34
Бассейн р. Северной Двины	
Архангельская область	1,36
Вологодская область	1,14
Кировская область	1,02
Бассейн р. Оби	
Алтайский край	1,04
Красноярский край	1,03
Кемеровская область	1,16
Курганская область	1,05
Новосибирская область	1,08
Омская область	1,1
Свердловская область	1,18
Томская область	1,03
Тюменская область	1,04
Челябинская область	1,13
Бассейн р. Енисей	
Красноярский край	1,17
Иркутская область	1,36
Бассейн р. Лены	
Хабаровский край	1,02
Амурская область	1,01
Иркутская область	1,14
Бассейн р. Амур	

Бассейны морей и рек	Значение коэффициента
Приморский край	1,04
Читинская область	1,05

Таблица 5 – Отнесение химических веществ, попадающих в почву из выбросов, сбросов, отходов к классам опасности (по ГОСТ 17.4.1.02-83 «Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения» Госстандарт, М., 1983 г.)

Класс опасности	Химическое вещество
I	Мышьяк, кадмий, ртуть, свинец, селен, цинк, фтор, бенз(а)пирен
II	Бор, кобальт, никель, молибден, медь, сурьма, хром
III	Барий, ванадий, вольфрам, марганец, стронций, ацетофенон

Таблица 6 – Перечень источников загрязнения и химических элементов, накопление которых возможно в почве в зонах влияния этих источников

Источники загрязнения	Тип производства	Химические элементы	
		приоритетный	сопутствующий
Цветная металлургия	Производство цветных металлов непосредственно из руд и концентратов	Свинец, цинк, медь, серебро	Олово, висмут, мышьяк, кадмий, сурьма, ртуть, селен
	Вторичная переработка цветных металлов	Свинец, цинк, олово, медь	Ртуть
	Производство твердых и тугоплавких цветных металлов	Вольфрам	Молибден
	Производство титана	Серебро, цинк, свинец, бор, медь	Титан, марганец, молибден, олово, ванадий
Черная металлургия	Производство легированных сталей	Кобальт, молибден, висмут, вольфрам, цинк	Свинец, кадмий, хром, цинк
	Железорудное производство	Свинец, серебро, мышьяк	Цинк, вольфрам, кобальт,ванадий
Машиностроительная и металлообрабатывающая промышленность	Предприятия с термической обработкой металлов (без литейных цехов)	Свинец, цинк	Никель, хром, ртуть, олово, медь

	Производство свинцовых аккумуляторов	Свинец, никель, кадмий	Сурьма, свинец
	Производство приборов для электронной и электротехнической промышленности		Сурьма, цинк, висмут
Химическая промышленность	Производство суперфосфатных удобрений	Стронций, цинк, фтор	Редкие земли, медь, хром, мышьяк
	Производство пластмасс		Иттрий, серебро
	Производство цемента (при использовании в производстве цемента отходов металлургических производств возможно накопление в почвах также и других металлов)		Ртуть, стронций, цинк
	Производство бетонных изделий		
Полиграфическая промышленность	Шрифтолитейные заводы, типография		Свинец, цинк, олово
Твердые бытовые отходы крупных городов, используемые в качестве удобрений		Свинец, кадмий, олово, медь, серебро, сурьма, цинк	Ртуть
Осадки канализационных сточных вод		Свинец, кадмий, ванадий, никель, олово, хром, медь, цинк	Ртуть, серебро
Загрязненные поливочные воды		Свинец, цинк	Медь

Таблица 7 – Коэффициент $К_З$ для расчета размеров ущерба в зависимости от степени загрязнения земель химическими веществами

Уровень загрязнения	Степень загрязнения	$K_{з_i}$
1	Допустимая	0
2	Слабая	0,3
3	Средняя	0,6
4	Сильная	4,5
5	Очень сильная	2,0

Таблица 8 – Коэффициент $К_Г$ для расчета ущерба в зависимости от глубины загрязнения земель

Глубина загрязнения земель, см	$К_Г$
0-20	1,0
0-50	1,3
0-100	1,5
0-150	1,7
0->150	2,0

Таблица 9 – Значение коэффициента пересчета $К_В$ нормативов стоимости сельскохозяйственных земель $Н_с$ в зависимости от периода времени по их восстановлению

Продолжительность периода восстановления, год	Коэффициент пересчета	Продолжительность периода восстановления, год	Коэффициент пересчета
1	0,9	8-10	5,6
2	1,7	11-15	7,0
3	2,5	16-20	8,2
4	3,2	21-25	8,9
5	3,8	26-30	9,3
6-7	4,6	31 и более	

Таблица 10 - Средние температуры в 13 часов наиболее жаркого месяца года в различных пунктах РФ.

Наименование пункта	Температура°С	Наименование пункта	Температура°С
Архангельск	18,6	Иваново	22,2
Астрахань	29,5	Якутск	23,0
Белгород	24,8	Калуга	22,4
Брянск	22,5	Кемерово	21,8
Владивосток	23,6	Хабаровск	24,1
Владимир	21,4	Тихорецк	28,0
Волгоград	28,6	Красноярск	22,5
Вологда	21,1	Санкт-Петербург	20,6
Воронеж	24,2	Москва	22,3
Екатеринбург	20,7	Кострома	21,1
Краснодар	28,3	Ставрополь	27,1
Нижний Новгород	21,2	Новгород	20,8
Новосибирск	22,7	Самара	24,3

Омск	22,4	Сочи	25,9
Орел	23,1	Элиста	28,6
Пенза	23,0	Оренбург	26,9
Пенза	20,0	Пермь	18,0
Псков	20,6	Чита	24,0
Ростов-на-Дону	27,3	Иркутск	22,7
Рязань	22,8	Ярославль	21,6
Саратов	25,4	Тверь	21,7
Смоленск	20,8	Ачинск	22,6
Тамбов	24,5	Курск	22,9
Томск	21,7	Магадан	13,2
Тюмень	22,4	Мурманск	14,7
Уфа	23,4	Калининград	20,6

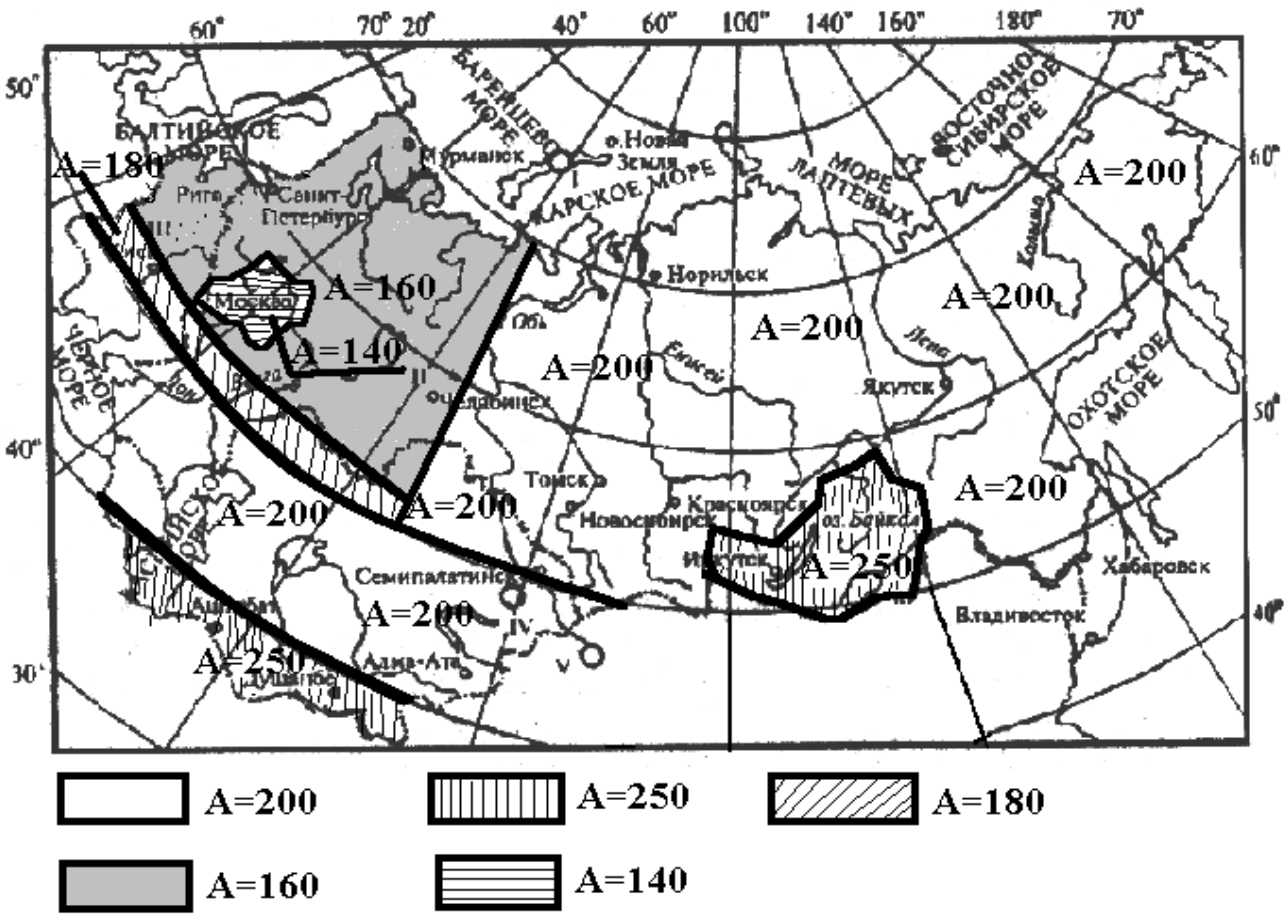

Рисунок 1 Определения коэффициента температурной стратификации атмосферы, А.