

**Кафедра трубопроводного транспорта,  
водоснабжения и гидравлики**

**Задание к самостоятельной практической работе  
по дисциплине «Основы экологии»  
для студентов спец. 36-04-02  
«Промышленная электроника»**

## Практическое занятие №1

### Определение зон рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере

**Цель работы** - изучить методику определения параметров загрязнения воздушного бассейна от одиночных точечных источников.

#### 1. Основные положения

Основой выполнения работы являются следующие положения:

- на рассеивание загрязняющих веществ в атмосфере влияют метеорологические параметры скорость и направление ветра, температурная стратификация атмосферы, температура атмосферного воздуха;
- максимальная приземная концентрация от данного источника загрязнения, возникающая при неблагоприятных метеорологических условиях (при опасных скоростях и направлении ветра, высокой температуре атмосферы и её безразличном состоянии) не должна превышать ПДК за границей санитарно-защитной зоны;
- приземная концентрация загрязняющих веществ зависит от параметров источника выброса и состава пылегазовоздушной смеси.
- *стратификация* – учение о слоистом строении атмосферы, учитывается температурный градиент, движение воздуха, различие его состава в разных слоях.

Максимальная приземная концентрация загрязняющих веществ,  $C_{\max}$ , [мг/м<sup>3</sup>] в атмосфере от одиночного точечного источника выброса круглого сечения, выбрасывающего нагретую пылегазовоздушную смесь, рассчитывается по формуле:

$$C_{\max} = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1} \cdot \Delta T} \quad (1)$$

где  $A$  - коэффициент зависящий от температуры стратификации атмосферы. Для условий Республики Беларусь  $A = 140$ .

$H$  - высота источника выброса от земли, [м];

$M$  - интенсивность выброса загрязняющего вещества, [г/с];

$F$  - коэффициент, учитывающий скорость оседания загрязняющих веществ в атмосфере и зависящий от состояния загрязняющих веществ и эффективности пылеулавливания (см. табл.1). Быстрее оседают крупные частицы пыли, большей плотности ( $\rho_n$ , г/см<sup>3</sup>) при малой начальной скорости ( $W_0$ ), т.к. меньше кинетическая составляющая

**Табл. 1:** Значение коэффициентов  $F$

Вещество	Эффективность пылеулавливания, [%]	F'
Газообразные выбросы	--	1
Твердые частицы	> 90	2
	75 - 90	2,5
	< 75	3

$V_1$  - расход выбрасываемой пылегазовоздушной смеси, [м<sup>3</sup>/с]:

$$V_1 = \frac{\rho D^2}{4} \cdot w_0 \quad (2)$$

где  $w_0$  – скорость выхода газовой смеси из источника выброса (трубы), м/с;

$D$  – диаметр трубы, м.

Разность между температурой выбрасываемой газовой смеси ( $T_T$ ) и температурой окружающего воздуха ( $T_B$ ):

$$\Delta T = T_T - T_B, \quad (3)$$

где  $T_T$  - температура газовой смеси, [°C]

$T_B$  - температура атмосферного воздуха принимаемая для района расположения предприятия в 13 часов самого жаркого месяца года (Определяется по СНиП 23-01-99 «Строительная климатология», 2000г.)

$\eta$  - коэффициент, учитывающий влияние аэродинамических нарушений. Для одиночного источника при отсутствии рядом стоящих препятствий (высоких зданий, сооружений)  $\eta = 1$ .

$$f = 1000 \times \frac{w_0^2 \times D}{H^2 \times \Delta T} \quad (4)$$

вводится коэффициент  $f$  показывающий изменение скорости на единицу температурного градиента и зависящий от параметров источника выброса (трубы).

Коэффициенты  $m$  и  $n$  учитывают условия выброса пылевоздушной смеси.  $m$  и  $n$  зависят от параметров соответственно:

$$\text{при } f < 100 \quad m = (0,67 + 0,1 \times \sqrt{f} + 0,34 \times \sqrt[3]{f})^{-1}$$

$m$  - безразмерный коэффициент, определяющийся по приведенной формуле или графику.

$$\text{при } V_m \geq 2 \quad n = 1$$

$$1,5 \leq V_m < 2 \quad n = 0,532 \times V_m^2 - 2,13 \times V_m + 3,13$$

$$V_m < 0,5 \quad n = 4,4 \times V_m$$

$n$  – безразмерный коэффициент, зависящий от параметра  $V_m$ :

$$V_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V_1 \cdot \Delta T}{H}} \quad (4)$$

Расстояние от источника выброса до точки с максимальной приземной концентрацией рассчитывается по формуле (6):

$$X_{\max} = \frac{5 - F}{4} \cdot d \cdot H \quad (6)$$

где  $H$ , [м] - высота источника выброса.

Вводится параметр  $d$  определяемый следующим образом:

$$\begin{aligned} \text{при } V_m \leq 0,5 & \quad d = 2,48 \cdot (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f}) \\ 0,5 < V_m \leq 2 & \quad d = 4,95 \cdot V_m \cdot (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f}) \\ V_m > 2 & \quad d = 7 \cdot V_m \cdot (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f}) \end{aligned}$$

Опасная скорость ( $V_{\max}$ , м/с) – скорость ветра, при которой предельные концентрации имеют наибольшее значение.  $V_{\max}$  соответствует полученным значениям  $C_{\max}$  и  $X_{\max}$ . Значение опасной скорости на уровне флюгера (обычно 10м от уровня земли) зависит от параметра  $V_m$ .

В случае  $f < 100$  определяется по формулам:

$$\begin{aligned} V_{\max} &= 0,5, \text{ при } (V_m) \leq 0,5; \\ V_{\max} &= (V_m), \text{ при } 0,5 < V_m \leq 2; \\ V_{\max} &= V_m \cdot (1 + 0,12 \cdot \sqrt{f}), \text{ при } (V_m) > 2. \end{aligned}$$

В случае  $f \geq 100$  или  $\Delta T = 100$  значение  $V_{\max}$  определяется по формулам:

$$\begin{aligned} V_{\max} &= 0,5, \text{ при } (V_m)^3 \leq 0,5; \\ V_{\max} &= (V_m)^3, \text{ при } 0,5 < (V_m)^3 \leq 2; \\ V_{\max} &= 2,2(V_m)^3, \text{ при } (V_m)^3 > 2. \end{aligned}$$

Опасность загрязнения атмосферы оценивается показателем  $j$ :

$$j = \frac{C_{\max}}{ПДК} < 1 \quad (7)$$

Результаты расчета записывают в табличной форме (см. табл. 2). Опасность загрязнения атмосферы газообразными веществами с учетом суммирования при одновременном присутствии в атмосфере  $SO_2$  и  $NO_x$ .

$$j_{SO_2 + NO_x} = \frac{C_{\max, SO_2}}{ПДК_{SO_2}} + \frac{C_{\max, NO_x}}{ПДК_{NO_x}} < 1 \quad (8)$$

**Табл. 2: Вид записи результатов расчета**

Вещество	$C_{\max}$ , [мг/м <sup>3</sup> ]	$X_{\max}$ , [м]	$V_{\max}$ , [м/с]	$j$
Зола				

$SO_2$				
$NO_x$				
Суммирование $SO_2 + NO_x$		—	—	

По итогам расчета делаются выводы об уровне загрязнения и предлагаются мероприятия по его снижению в случае необходимости.

### 3. Порядок оформления практической работы

- 3.1 Название работы
- 3.2 Цель работы
- 3.3 Условие задания
- 3.4 Ход работы (расчеты)
- 3.5. Вывод

### 4. Варианты заданий к практической работе

Определить опасность загрязнения атмосферы одиночным точечным источником высотой  $H$ , м и диаметром  $D$ , м, если скорость выбрасывания газовой смеси  $w_0$ , м/с. Массовый выброс выбрасываемых загрязняющих веществ  $M_i$ , г/с.  $ПДК_{SO_2}=0,50\text{мг/м}^3$ ;  $ПДК_{зола}=0,05\text{мг/м}^3$ ;  $ПДК_{NO_x}=0,40\text{мг/м}^3$ . Температура газовой смеси –  $T_2$ , °С, температура воздуха  $Tв$ , °С. Эффективность пылеулавливания –  $\mathcal{E}$ , %.

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$H$ , м	10	25	26	27	28	30	32	33	35
$D$ , м	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3
$w_0$ , м/с	8	9	10	11	12	13	14	15	16
$M_{SO_2}$ , г/с	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0	17,0	18,0	19,0	20,0
$M_{зола}$ , г/с	15,5	16,0	17,0	17,5	20,0	22,5	24,0	24,5	26,0
$M_{NO_x}$ , г/с	4,2	4,6	4,8	5,2	5,8	6,2	6,8	8,2	9,0
$T_2$ , °С	125	122	120	118	116	110	105	102	100
$Tв$ , °С	25	24	22	23	21	20	19	15	12
$\mathcal{E}$ , %	92	92	92	80	80	80	70	70	70
Вариант	10	11	12	13	14	15	16	17	18
$H$ , м	24	25	30	33	34	35	36	37	38
$D$ , м	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2
$w_0$ , м/с	14	15	16	17	18	19	20	21	22
$M_{SO_2}$ , г/с	19,0	20,0	21,0	22,0	23,0	24,0	25,0	26,0	27,0
$M_{зола}$ , г/с	19,0	21,0	24,0	26,0	28,0	32,0	35,0	37,0	40,0
$M_{NO_x}$ , г/с	11,4	11,8	12,2	13,4	13,8	14,5	15,2	16,2	18,0
$T_2$ , °С	215	220	240	250	260	266	180	190	200
$Tв$ , °С	20	30	25	18	16	12	10	9	8
$\mathcal{E}$ , %	72	72	72	82	82	92	92	92	92

### Вопросы для самоконтроля

1. Что такое стратификация?
2. Понятие санитарно-защитной зоны.
3. Как влияют температурный градиент и начальная скорость газа на площадь рассеивания?
4. Что такое  $C_{\max}$ ,  $X_{\max}$ ,  $V_{\max}$ ,  $J$ ?
5. Что учитывает и от чего зависит  $F$ ?

## Практическое занятие №2

### Расчет выбросов от автомобильного транспорта

**Цель работы:** Рассчитать величину выбросов вредных веществ загрязняющих атмосферу от автомобильного транспорта.

#### 1. Общие сведения

Основным загрязнителем атмосферного воздуха является автомобильный транспорт. В крупных городах на долю автотранспорта приходится более 70% всех вредных выбросов в атмосферу. В выхлопных газах транспортных средств, имеющих двигатели внутреннего

сгорания содержатся оксиды азота (II - NO, IV - NO<sub>2</sub> (диоксид азота)), оксид углерода (угарный газ CO), углеводороды — C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>, сажа — продукты неполного сгорания топлива, сернистый ангидрид (SO<sub>2</sub>), тяжелые металлы (см. табл.1).

За 100 км пути автомобиль использует столько же кислорода, сколько человек за всю свою жизнь.

Таблица 1 - Токсичность вредных веществ

Загрязняющие вещества	ПДК в мл\м <sup>3</sup> Максимальная, разовая	ПДК суточная	Класс токсичности
Угарный газ	3,0	1,0	4
Оксиды азота	0,085	0,085	2
Свинец и его соединения (кроме тетраэтилсвинца)		0,0007	1
Сажа (копоть)	0,15	0,05	3
Пыль нетоксичная	0,5	0,15	3
Сернистый газ	0,5	0,15	3

Таблица 2 - Содержание вредных веществ в отработавших газах (ОГ)

Вредное вещество ОГ	Содержание в ОГ ДВС	
	Дизели	Бензиновые
Оксид углерода	0,005-0,5 об.%	0,25-10 об.%
Оксиды азота в пересчете на азот	0,004-0,5 об.%	0,01-0,8 об.%
Сернистый ангидрид	0,003-0,05 об.%	-
Углеводороды в пересчете на углерод	0,01-0,5 об.%	0,27-0,3 об.%
Бенз(а)пирен	До 10 мкг\м <sup>3</sup>	До 20 мкг\м <sup>3</sup>
Сажа	До 1,1г\м <sup>3</sup>	До 0,4 г\м <sup>3</sup>
Соединение свинца		Выбрасывается до 85% соединений свинца (от количества введенного в бензин с ТЭС)

Для определения концентраций перечисленных выше наиболее массовых загрязнителей атмосферы необходимы *газоанализаторы*, с помощью которых можно контролировать чистоту воздуха.

На основании большого количества натуральных измерений выбросов разработана "Методика по расчету валовых выбросов вредных веществ в атмосферу для предприятий нефтепереработки и нефтехимии" (РД-17-89) от 1990 года. В одном из разделов этой Методики представлен расчет выбросов вредных веществ от автомобилей с различными типами двигателей внутреннего сгорания (ДВС) (бензиновыми, дизельными, газовыми и др.).

## 2. Методика расчета

Выброс *i*-го вредного вещества  $\Pi_i$ , [т] определяется по формуле (1):

$$\Pi_i = q_i \cdot l \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot 10^{-6}, \quad (1)$$

где  $Q_i$ , [г/км] - удельный выброс  $i$ -го вредного вещества автомобилем в зависимости от типа ДВС с учетом картерных выбросов и испарений топлива, определяется по табл.3;

$L$ , [км] - пробег автомобилей с данным типом двигателя за расчетный период;

$K_1$  - коэффициент, учитывающий техническое состояние автомобиля;

$K_2$  - коэффициент, учитывающий возраст автомобиля.

Значения  $K_1$   $K_2$  определяются по табл.4.

Таблица 3 -Значения удельных выбросов вредных веществ автомобильным транспортом ( $Q_i$ ) в 1996-2000 годах, г/км

Группы автомобилей	1996			1997			1998			1999			2000		
	CO	C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>	NO <sub>x</sub>
Грузовые, специальные грузовые с бензиновыми ДВС и работающие на сжи-женном нефтяном газе (пропан-бутан)	61,9	13,3	8	60,3	13	7,7	58,7	12,7	7,4	57,1	12,3	7,1	55,5	12	6,8
Грузовые, специальные грузовые дизельные	15	6,4	8,5	15	6,4	8,5	15	6,4	8,5	15	6,4	8,5	15	6,4	8,6
Грузовые, специальные грузовые работающие на сжатом природном газе	30	10	8	30	10	8	30	10	8	25	8	7,5	25	8	7,5
Автобусы с бензиновым ДВС	57,5	10,7	8	56	10,5	7,5	54,5	10,2	7,2	53	9,9	6,8	51,5	9,6	6,4
Автобусы дизельные	15	6,4	8,5	15	6,4	8,5	15	6,4	8,5	15	6,4	8,5	15	6,4	8,5
Легковые служебные и стандартные	18,7	2,25	2,7	18,2	2,09	2,58	17,7	1,93	2,47	17,1	1,76	2,36	16,5	1,6	2
Легковые индивидуального пользования	17,9	2,1	2,6	17,45	2	2,5	17	1,9	2,4	16,55	1,75	2,3	16,1	1,6	2,19

Общий выброс от автомобиля складывается из выбросов вредных веществ всех групп:  $P =$

$\sum_{i=1}^n P_i$ . Общий выброс от автотранспорта складывается из выбросов вредных веществ всех групп автомобилей.

**Табл. 4. - Коэффициент влияния среднего возраста автомобилей и уровня технического состояния на выбросы вредных веществ для различных групп заводского автомобильного транспорта**



Группы автомобилей	$K_1$			$K_2$		
	оксид углерода	углеводороды	оксиды азота	оксид углерода	углеводороды	оксиды азота
Грузовые и специальные грузовые с бензиновыми ДВС	1,69	1,86	0,8	1,33	1,2	1,0
Грузовые и специальные грузовые дизельные	1,8	2,0	1,0	1,33	1,2	1,0
Автобусы с бензиновыми ДВС	1,69	1,86	0,8	1,32	1,2	1,0
Автобусы дизельные	1,8	2,0	1,0	1,27	1,17	1,0
Легковые служебные и специальные	1,63	1,83	0,85	1,28	1,17	1,0
Легковые индивидуального пользования	1,62	1,78	0,9	1,28	1,17	1,0

### 3. Порядок оформления практической работы

4.1 Название работы

4.2 Цель работы

4.3 Условие задания

4.4 Ход работы (расчеты)

4.5. Вывод

#### 4. Варианты заданий к практической работе

Определить величину выбросов двух единиц автотранспорта А и В. Сравнить величину выбросов каждой из единиц между собой.

вариант	1	2	3	4	5	6	7	8
тип авто А	автобус	л/а инд	л/а инд	груз	л/а инд	груз	груз	груз
тип двигателя А	дизель	бензин	бензин	дизель	бензин	дизель	бензин	дизель
пробег А, тыс. км	80	180	50	250	190	320	260	320
год выпуска А	2000	1997	1996	1998	1999	1998	2000	1998
тип авто Б	автобус	л/а служ	л/а служ	груз	груз	автобус	автобус	груз
тип двигателя Б	бензин	бензин	бензин	бензин	бензин	дизель	бензин	дизель
пробег Б	80	180	50	250	190	320	260	320
год выпуска Б	2000	1997	1996	1998	1999	1998	2000	2000

вариант	9	10	11	12	13	14	15	16
тип авто А	груз	л/а инд	груз	груз	л/а инд	л/а инд	груз	л/а инд
тип двигателя А	бензин	бензин	дизель	бензин	бензин	бензин	дизель	бензин
пробег А, тыс. км	200	220	420	360	240	150	350	390
год выпуска А	2000	1998	2000	1997	1998	1999	1999	1998
тип авто Б	груз	груз	автобус	автобус	л/а служ	л/а служ	груз	груз
тип двигателя Б	дизель	бензин	дизель	бензин	бензин	бензин	бензин	бензин
пробег Б	200	220	420	360	240	150	350	390
год выпуска Б	2000	2000	2000	1997	1998	1999	1999	1998

**Примечание:** л/а инд – легковой автомобиль индивидуального пользования;  
 л/а служ. – легковой автомобиль служебного пользования;  
 дизель- дизельный двигатель; бензин – бензиновый двигатель;  
 груз. – грузовой автомобиль

### Вопросы для самоконтроля

1. Какие вредные вещества содержатся в выхлопных газах транспортных средств, имеющих двигатели внутреннего сгорания?
2. Какими приборами контролируют чистоту воздуха (определяют концентрации наиболее массовых загрязнителей атмосферы)?
3. Как рассчитывается выброс  $i$ -го вредного вещества  $P_i$ ?
4. Какие коэффициенты влияют на величину выброса от транспортного средства?
5. Как определяется и от чего зависит удельный выброс  $i$ -го вредного вещества  $q_i$ ?
6. Какой двигатель экологически чище: бензиновый или дизельный?

### Практическое занятие №3

## Подсчет убытков при сбросе сточных вод с содержанием тяжелых металлов в природные водоемы

**Цель работы:** изучить методику и рассчитать величину убытков от загрязнения водных объектов соединениями тяжелых металлов с учетом категории водного объекта

### 1. Общие сведения

Величина убытков от загрязнения водных объектов ионами тяжелых металлов с учетом категории водных объектов определяется по формуле:

$$Y_i = Z_i \cdot K_{кат} \quad (1)$$

где  $Y_i$ , - величина убытков от загрязнения водного объекта ионами  $i$ -го тяжелого металла с учетом категории водного объекта, у.е.;

$K_{кат}$  - коэффициент зависящий от категории водного объекта в который сбрасываются загрязняющие вещества, определяется по таблице 1,

$Z_i$ , - величина убытков от загрязнения водных объектов  $i$ -ым загрязняющим веществом, у.е.

Величина убытков от загрязнения водных объектов  $i$ -ым загрязняющим веществом определяется в зависимости от массы загрязняющего вещества по следующей формуле:

$$Z_i = r \cdot M_i \quad (2)$$

Тогда формула (1) примет вид:

$$Y_i = r \cdot M_i \cdot K_{кат} \quad (3)$$

где  $r$  - множитель, учитывающий уровень цен и услуг, численное значение которого равно 380 у. е./усл. т.;

$M_i$ , - приведенная масса сбрасываемых загрязняющих веществ в данный водный объект, усл.т.:

$$M_i = A_i \cdot m_i \quad (4)$$

где  $A_i$  - показатель относительной опасности сброса  $i$ -го загрязняющего вещества, усл.т/т.

Численное значение показателя относительной опасности (агрессивности) загрязняющего вещества  $A_i$  приведено в табл. 2 и определяется по формуле:

$$A_i = \frac{1}{\text{пдк}_i}, \quad (5)$$

Общая масса сброшенного  $i$ -го вида загрязняющего металла  $m_i$ , [т] определяется по формуле:×

$$m_i = V_i \times (C_{i\text{факт}} - \text{ПДК}_i) \times 10^{-6} \quad (6)$$

где  $V_i$  - объем сточных вод с повышенным содержанием определяемого иона металла, м<sup>3</sup>;  
 $C_{i\text{факт}}$  - средняя за период сброса концентрация  $i$ -го иона металла, мг/л;  
 $\text{ПДК}_i$  - предельно-допустимая концентрация  $i$ -го иона металла, мг/л.

Табл. 1: Зависимость коэффициента  $K_{\text{кат}}$  от категории водного объекта в который сбрасываются загрязняющие вещества

Категория водного объекта	$K_{\text{кат}}$
1. Поверхностные водоемы и водотоки, используемые для рыбохозяйственных целей, децентрализованного или нецентрализованного хозяйственного питьевого водоснабжения населения, а также водоснабжения пищевых предприятий	1,1
2. Другие водные объекты	0,6

Табл. 2: Определение показателя относительной опасности ионов металлов,  $A$

№№ пп	Наименование ионов металлов	Показатель относительной опасности $A$ , (усл. Т/т)
1	Алюминий (Al)	2
2	Бериллий (Be)	5000
3	Ванадий (V)	1000
4	Висмут (Bi)	10
5	Вольфрам (W)	1250,0
6	Железо (Fe)	10,0
7	Кадмий (Ca)	1000
8	Кобальт (Co)	100
9	Литий (Li)	33,3
10	Магний (Mg)	25
11	Марганец (Mn)	100
12	Молибден (Mo)	4
13	Медь (Cu)	1000
14	Мышьяк (As)	20
15	Никель (Ni)	100
16	Натрий (Na)	0,008
17	Ртуть (Hg)	2000
18	Роданид (O)	10
19	Свинец (Pb)	33
20	Хром шестивалентный (Cr)	1000
21	Хром трехвалентный (Cr)	2
22	Цинк (Zn)	100

## 2. Пример расчета

Предприятием сброшено в водоем рыбохозяйственного значения 500 м<sup>3</sup> сточных вод с концентрацией ионов меди 0,5 мг/л. Определить ущерб от сброса в водный объект ионов тяжелых металлов с учетом его категории.

1. Находим по табл. 2 показатель относительной опасности для сброса ионов меди:

$$A_{Cu}=1000 \text{ усл. т/т}$$

2. Определяем по формуле (6) массу сброшенных ионов меди:

$$m_{Cu} = 500 \cdot (0,5 - 0,001) \cdot 10^{-6} = 0,00025 \text{ т}$$

3. Приведенная масса сброшенных ионов меди рассчитывается по формуле (4):

$$M_{Cu}=1000 \cdot 0,00025 = 0,25 \text{ усл. т.}$$

4. По табл. 1 определим к какой категории принадлежит данный водоем и найдем значение коэффициента  $K_{кат}$ :

$$K_{кат}=1,1$$

5. Величина убытка от загрязнения водного объекта ионами меди с учетом категории водного объекта по формуле (3) составит:

$$Y_{Cu}=380 \cdot 0,25 \cdot 1,1 = 104,5 \text{ у.е.}$$

### 3. Порядок выполнения работы

- 3.1. Ознакомиться с методикой подсчета убытков от загрязнения водных объектов соединениями тяжелых металлов.
- 3.2. Получение исходных данных по загрязнению водного объекта.
- 3.3. Расчет и составление отчета по лабораторной работе.

### 4. Порядок оформления лабораторной работы

- 4.1. Название работы
- 4.2. Цель работы
- 4.3. Условие задания
- 4.4. Расчет убытков от загрязнения водных объектов соединениями тяжелых металлов
- 4.5. Выводы по работе

### 5. Варианты заданий к практической работе

**А:** Предприятием сброшено в водоем X (назначение)  $V_i$ , м<sup>3</sup> сточных вод с концентрацией ионов I –  $C_i$ , мг/л. Определить ущерб от сброса в водный объект ионов тяжелых металлов с учетом его категории.

вариант	1	2	3	4	5	6	7
I	железо	свинец	вольфрам	железо	ванадий	висмут	железо
$V_i, \text{м}^3$	200	10000	8500	400	300	400	600
$C_i, \text{мг/л}$	0,8	0,12	0,35	0,9	0,35	0,8	1,0

X	рыбо- хозяйств.	питьевого	водосн. пищ. редпр	рыбо- хозяйств.	питьевого	водосн. пищ. редпр	рыбо- хозяйств.
---	--------------------	-----------	-----------------------	--------------------	-----------	-----------------------	--------------------

**Б:** Предприятием сброшено в водоем X (назначение)  $V_i$ , м<sup>3</sup> сточных вод с концентрацией ионов I –  $C_i$ , мг/л. Определить ущерб от сброса в водный объект ионов тяжелых металлов с учетом его категории.

вариант	8	9	10	11	12	13	14
I	никеля	вольфра м	вольфрам	цинк	свинец	хром (6в)	хром (3в)
$V_i$ , м <sup>3</sup>	1000	10000	8500	750	10	450	450
$C_i$ , мг/л	1,1	0,25	0,35	1,53	2,3	0,8	1,2
X	общего	питьевого	общего	общего.	питьевого	общего	водосн. пищ. редпр

**В:** Предприятием сброшено в водоем X (назначение)  $V_i$ , м<sup>3</sup> сточных вод с концентрацией ионов I –  $C_i$ , мг/л. Определить ущерб от сброса в водный объект ионов тяжелых металлов с учетом его категории.

вариант	15	16	17	18	19	20	21
I	литий	никель	марганец	кобальт	железо	свинец	ванадий
$V_i$ , м <sup>3</sup>	600	1000	800	400	800	600	200
$C_i$ , мг/л	0,9	1,1	1,3	1,9	1,2	1,2	0,5
X	рыбо- хозяйств.	общего	общего	рыбо- хозяйств.	общего	общего	общего

### Вопросы для самоконтроля

1. Как рассчитывается величина убытков от загрязнения водных объектов ионами тяжелых металлов с учетом категории водных объектов,  $U_i$ ?
2. Что такое  $K_{кат}$ ?
3. Что такое Вы понимаете под термином "величина убытков от загрязнения водных объектов  $i$ -ым загрязняющим веществом"?
4. Как рассчитывается величина убытков от загрязнения водных объектов  $i$ -ым загрязняющим веществом,  $Z_i$ ?
5. Что такое  $r$ ?
6. Как рассчитывается приведенная масса сбрасываемых загрязняющих веществ в данный водный объект,  $M_i$ ?
7. Что такое  $A_i$ ?
8. Что такое  $ПДК_i$ ?
9. Как зависит  $A_i$  от  $ПДК_i$ ?
10. Как определяется общая масса сброшенного  $i$ -го вида загрязняющего металла,  $m_i$ ?