

Федеральное агентство железнодорожного транспорта  
Уральский государственный университет путей сообщения  
Кафедра «Техносферная безопасность»

**В. В. Бондаренко**

## **ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ**

Методические указания к выполнению практических работ  
по дисциплине ОПД.В.01.02 «Природопользование»  
для студентов специальности 280202 – «Инженерная  
защита окружающей среды» всех форм обучения

Екатеринбург  
Издательство УрГУПС  
2012

УДК 502.171  
Б81

**Бондаренко, В. В.**

Б81 Природопользование : метод. указания / В. В. Бондаренко. – Екатеринбург : Изд-во УрГУПС, 2012. – 27, [1] с.

Представлен перечень практических работ, основная цель выполнения которых состоит в закреплении знаний по теоретическим разделам дисциплины и в приобретении практических навыков расчетной работы, связанной с обработкой информации по защите окружающей среды.

Указания предназначены для студентов специальности 280202 – «Инженерная защита окружающей среды» всех форм обучения, специализирующихся в области инженерной защиты окружающей среды на железнодорожном транспорте.

УДК 502.171

*Печатается по решению редакционно-издательского совета университета.*

*Автор:* В. В. Бондаренко, профессор кафедры «Техносферная безопасность», д-р техн. наук, УрГУПС

*Рецензенты:* Ю. С. Рыбаков – профессор кафедры «Пищевая инженерия», д-р техн. наук, УрГЭУ

А. М. Асонов – профессор кафедры «Техносферная безопасность», д-р биол. наук, УрГУПС

© Уральский государственный университет  
путей сообщения (УрГУПС), 2012

## Оглавление

Практическая работа 1.	Организация и проведение экспертизы технических систем .....	4
Практическая работа 2.	Логический анализ опасностей. Разработка таблиц состояний и аварийных сочетаний .....	7
Практическая работа 3.	Расчет предельно допустимых выбросов вредных веществ в атмосферу и санитарно-защитной зоны .....	10
Практическая работа 4.	Расчет нормативно-допустимого сброса загрязняющих веществ в водный объект. Условия сброса сточных вод в водоемы	14
Практическая работа 5.	Расчет платежей за использование природных ресурсов .....	17
Библиографический список	.....	21
Приложение 1	.....	22
Приложение 2	.....	23
Приложение 3	.....	24
Приложение 4	.....	25
Приложение 5	.....	26

## Практическая работа 1

### Организация и проведение экспертизы технических систем

Причиной проведения исследований может быть, например, необходимость проверки системы, принятие решения о целесообразности и места размещения, улучшения безопасности существующих систем, выявления опасностей для населения, выявления опасностей для окружающей среды и т. д.

Содержание этапов и работ при проведении экспертизы приведено в табл. 1.

Таблица 1

Содержание этапов и работ экспертизы

Этапы	Работа
1. Подготовительный	1.1. Формирование цели экспертной оценки 1.2. Формирование рабочей группы
2. Работа рабочей группы	2.1. Уточнение цели 2.2. Выбор методов, способов и процедур оценки 2.3. Определение перечня операций, выполняемых экспертами 2.4. Формирование экспертной группы 2.5. Выбор методов и процедур опроса экспертов 2.6. Подготовка анкет для опроса экспертов 2.7. Проведение опроса экспертов
3. Работа экспертной группы	3.1. Определение состава показателей 3.2. Определение коэффициентов весомости показателей 3.3. Определение базовых значений показателей 3.4. Определение оценок единичных показателей
4. Заключительный	4.1. Обработка экспертных оценок 4.2. Анализ результатов и подготовка решения экспертной группы

Наиболее простой (но достаточно надежный и универсальный) метод – когда эксперты производят измерение объектов в порядковой шкале путем ранжирования, где величины  $r_{is}$  есть ранги. Задачей обработки является построение *обобщенной ранжировки по индивидуальным ранжировкам* экспертов. В этом случае используется *метод парных сравнений*, который целесообразно рассматривать в виде последовательности шагов.

1. Каждый эксперт проводит попарную оценку приоритетности признаков и заполняет свою матрицу парных сравнений  $E_s = \|I_{iks}\|$ , элементы которой в зависимости от выбора эксперта определяются по правилу 1:

$$I_{iks} = \begin{cases} 1, & \text{если } r_{ks} \geq r_{is} \\ 0, & \text{если } r_{ks} < r_{is} \end{cases}$$

где  $r_{is}$  и  $r_{ks}$  – ранги, ранее присвоенные  $s$ -экспертом  $i$ -му и  $k$ -му объектам. Поскольку имеется  $d$  экспертов и каждый из них дает свою матрицу парных сравнений (МПС), то число МПС равно числу экспертов.

2. Определяется сумма матриц всех экспертов. Суммирование проводится по элементам матриц и может быть представлено следующей формулой:

$$Z_{ik} = n \sum_{s=1}^d I_{iks}, \quad k_s = \overline{1, d}. \quad (1)$$

3. Определяется результирующая матрица, каждый элемент которой определяется по правилу

$$R_{iks} = \begin{cases} 1, & \text{если } Z_{is} \geq d/2 \\ 0, & \text{если } Z_{is} < d/2, \quad k_s = \overline{1, d}. \end{cases} \quad (2)$$

4. Находится сумма баллов, которую набрал каждый признак  $k$ :

$$B_k = \sum_{i=1}^m R_{ik}, \quad k_s = \overline{1, d}. \quad (3)$$

### Пример

Для уменьшения выбросов вредных веществ в атмосферу на сталелитейном заводе предлагается четыре альтернативных варианта фильтрации отходящих газов. Для оценки этих вариантов была создана группа из пяти экспертов и использован метод парных сравнений. На основе парных сравнений альтернативных вариантов от каждого эксперта получены МПС, показанные ниже.

Эксперт 1					Эксперт 2				
Меро - приятя	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	M <sub>4</sub>	Меро - приятя	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	M <sub>4</sub>
M <sub>1</sub>	1	1	1	1	M <sub>1</sub>	1	0	1	1
M <sub>2</sub>	0	1	1	1	M <sub>2</sub>	1	1	1	1
M <sub>3</sub>	0	0	1	1	M <sub>3</sub>	0	0	1	1
M <sub>4</sub>	0	0	0	1	M	0	0	1	1

Эксперт 3					Эксперт 4				
Меро - приятя	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	M <sub>4</sub>	Меро - приятя	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	M <sub>4</sub>
M <sub>1</sub>	1	0	0	1	M <sub>1</sub>	1	1	1	1
M <sub>2</sub>	1	1	1	1	M <sub>2</sub>	0	1	1	1
M <sub>3</sub>	1	0	1	1	M <sub>3</sub>	0	0	1	0
M <sub>4</sub>	0	0	0	1	M	0	0	1	1

### Эксперт 5

Меро - приятя	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	M <sub>4</sub>
M <sub>1</sub>	1	0	1	0
M <sub>2</sub>	1	1	1	0
M <sub>3</sub>	0	0	1	0
M <sub>4</sub>	1	1	1	1

#### *Задание для самостоятельного решения*

Суммируя полученные МПС от каждого эксперта, получаем результирующую матрицу.

Проведя суммирование элементов результирующей матрицы по строкам, получим баллы, которые набрали варианты фильтрации (мероприятия) на основе проведенной экспертизы. Вариант, набравший наибольшее число баллов, представляется наиболее приоритетным и получает 1 ранг.

#### *Задание для самостоятельного решения*

Каждому учащемуся следует заполнить индивидуальную матрицу парных сравнений при определении оптимального, наиболее экологичного варианта проложения железнодорожного пути:

Вариант 1. Железнодорожный мост проложен через русло реки.

Вариант 2. Железнодорожный мост проложен через пойму и русло реки.

Вариант 3. Железнодорожный мост проложен через пойму, русло реки и притоки.

Вариант 4. Железнодорожный мост проложен через русло реки и притоки.

После получения индивидуальных матриц заполняется результирующая матрица и определяется экологически оптимальный и экономически выгодный вариант.

## Практическая работа 2

### Логический анализ опасностей. Разработка таблиц состояний и аварийных сочетаний

Логический анализ опасностей базируется на понятиях булевой алгебры (алгебры логики).

В алгебре логики переменные, обозначаемые заглавными буквами, имеют, как правило, смысл некоторых событий или факторов. Например, можно обозначить символом **A** событие, состоящее в повреждении какой-то части машины. Если это происходит, то мы говорим, что  $A = T$  или  $A$  истинно. Если это событие не происходит, говорим, что  $A = F$  или что  $A$  ложно. Такие высказывания справедливы для некоторого определенного интервала времени и вероятности, связанной с появлением события. Переменные в алгебре логики принимают два значения: истина и ложь (проявление или неоявление). Аналогично и функции принимают два значения в зависимости от комбинации логических переменных. Функции образуются с помощью операций **И**, **ИЛИ** и **НЕ**. Смысл этих операций определяется таблицами истинности.

Истинное значение функции задается значениями переменных, входящих в нее. Например, функция  $A$  имеет вид

$$A = BC + D\bar{E}.$$

Особый интерес представляет собой применение алгебры логики для анализа предполагаемых производственных опасностей.

#### *Пример*

На новой машине имеется цепной привод, который имеет защитное устройство, но в данном режиме работы должен быть убран.

В нормальном режиме сама цепь быстро изнашивается и периодически рвется. Частицы от другого оборудования, попадая в цепь, также могут привести к ее обрыву. В случае обрыва цепи имеющееся устройство в зависимости от обстоятельств может не обеспечить защиту рабочего.

Логическими переменными в этом случае будут:

$A$  – защита цепи убрана;

$B$  – цепь изнашивается и рвется;

$C$  – технологические частицы приводят к обрыву цепи;

$D$  – защита достаточна, чтобы защитить рабочего в любом случае.

$X$  – соответствует наличию опасной ситуации.

Логическая операция примет следующий вид:

$$X = A + \bar{D}B + \bar{D}C \text{ или } X = (B + C) \bar{D} \quad (4)$$

Для предотвращения опасной ситуации необходимо, чтобы величина  $X$  не стала истиной. Это имеет место, когда  $A$  ложно,  $D$  истинно или  $B$  и  $C$  ложны одновременно.

Безаварийность системы можно повысить, постоянно измеряя переменные технологического объекта с последующим определением состояния работоспособности, его места на дереве отказа. При достижении объектом угрожающих (предаварийных) состояний своевременно принимают необходимые защитные меры. Для этого широко используют таблицы состояний и аварийных сочетаний.

При разработке таблицы определяют измеряемые переменные, устанавливают пределы их измерения (уровни), выбирают виды входных воздействий, при которых измеряются переменные, составляют перечень ситуаций, образуемых сочетаниями и значениями измеряемых переменных, определяют возможные отказы (нарушения) элементов объекта, устанавливают соответствие между ситуациями и отказами, строят дерево решений, выбирают вид и заполняют таблицу решений, проводят работы по компактному представлению таблицы.

Например, в аппарате контролируются давление ( $y_1$ ) и температура ( $y_2$ ). Переменная  $y_1$  может находиться на двух уровнях: «0» – нормальное значение, «+» – завышенное значение, а переменная  $y_2$  на трех уровнях: «0», «+» и «-» заниженное значение. В этом случае число возможных ситуаций равно шести ( $2 \cdot 3$ ): ситуация I -  $y_1 = 0, y_2 = 0$ , т. е. (0; 0); ситуация II – (0; +) и т. д. (табл. 2). Основные нарушения элементов объекта: 1 – отказ регулятора давления, 2 – отказ регулятора температуры, 3 – отказ регулятора расхода, 4 – не подается пар в рубашку.

Таблица 2

Таблица решений по значениям двух переменных

Ситуация	I	II	III	IV	V	VI
Переменные						
$y_1$	0	0	0	+	+	+
$y_2$	0	+	-	0	+	-
Отказы(диагноз)	$h_0$	2	4	1	1,2	3

Преобразование таблицы состояний к компактному виду рассмотрим на примере системы контроля и управления промежуточной емкостью (рис. 1).

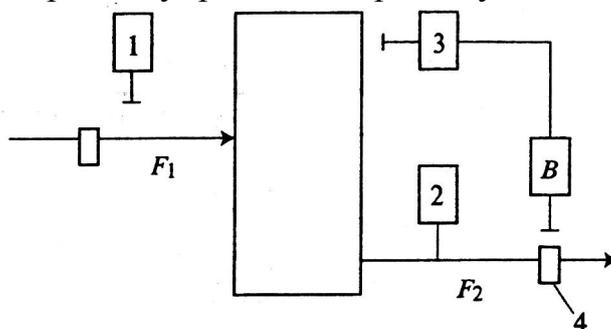


Рис. 1. Система контроля и управления промежуточной емкостью

Приборы 1, 2 контролируют скорости входного  $F_1$  и выходного  $F_2$  потоков, регулятор 3 поддерживает постоянный уровень в емкости с помощью вентиля 4. Изменяемыми переменными являются  $F_1$ ,  $F_2$  (показания приборов 1, 2) и положения В вентиля 4. Каждая переменная может находиться на трех уровнях: «0» – нормальном; «+» – высоком (вентиль открыт) и «-» – низком (вентиль закрыт). Таким образом, число ситуаций будет равно  $3^3 = 27$ .

При функционировании объекта наиболее вероятны следующие нарушения: 2 – течь трубопровода на участке 2-4, 3 – ошибочно открытый байпас вентиля 4 (см. рис. 1), 4 – забита выходная труба, 5 – течь емкости, 6 – ненормальная производительность и А – аномалия, т. е. невозможная комбинация результатов измерения, с точки зрения принципа работы, ошибочные измерения.

### *Задание для самостоятельной работы*

1. Составить таблицу решений.
2. Объединить ситуации, соответствующие одним и тем же отказам в отдельной таблице.

Применение таблицы решений позволяет контролировать развитие аварии, начиная от состояния нормального функционирования, когда все измеряемые переменные находятся в допустимых пределах. Сначала отклоняется от нормы значение одной переменной, затем двух и т. д. С помощью таблицы по значениям переменных определяют конкретные ситуации, а следовательно, и соответствующие им отказы, что позволяет их устранять и принимать меры для предотвращения аварий.

### Практическая работа 3

#### Расчет предельно допустимых выбросов вредных веществ в атмосферу и санитарно-защитной зоны

В процессе разработки норм ПДВ (ВСВ) производится специальная процедура, *инвентаризация выбросов* – систематизация сведений о наличии и распределении источников на территории предприятия, количестве и составе выбросов.

При инвентаризации учитывается комплекс параметров:

- мощность (интенсивность) выброса (г/с, т/год);
- высота, размер и конфигурация устья источника;
- расход и температура газовой смеси в устье источника;
- расположение источника на площадке, фиксируемое на карте-схеме (ситуационном плане) в заданной системе координат.

Учету подлежат все вредные вещества, содержащиеся в отходящих газах (технологических выбросах), аспирационном воздухе (вентиляционные выбросы), а также выбросы транспортных средств.

При инвентаризации выбросов вредных веществ в атмосферный воздух допускается использование как прямых инструментальных измерений, так и расчетные методы по методикам, утвержденным контролирующими органами в установленном порядке.

При расчете необходимо знать следующие значения:

- коэффициент неровности местности ( $\eta$ ) ( $\eta = 1$  для ровной местности);
- коэффициент, определяющий влияние осадения примесей в атмосфере ( $K_F$  или он обозначается  $F$ );
- предельно допустимые концентрации вредных примесей ( $C_{ПДК}$ ).

Расчет ПДВ начинается с определения допустимой концентрации вредных примесей ( $C_D$ ) в приземном слое атмосферы:

$$C_D = C_{ПДК} - C_{ср}, \text{ мг/м}^3. \quad (5)$$

Далее для установления величины коэффициента  $n$ , учитывающего условия выхода газовой смеси из устья источника выброса, определяют величину параметра  $v_m$ :

$$v_m = 0,65 \sqrt[3]{\frac{Q \cdot \Delta T}{H}}, \quad (6)$$

где  $H$  – высота источника, м;  $Q$  – объем выбрасываемой газовой смеси, м<sup>3</sup>/с;  $\Delta T$  – разность между температурой выбрасываемой газовой смеси и температурой окружающего воздуха, °С;

Значение этого коэффициента: при  $v_m \geq 2$ ,  $n = 3$ ;

$$\text{при } 0,3 \leq v_m \leq 2, \quad n = 3 - \sqrt{(v_m - 0,3)(4,36 - v_m)}; \quad (7)$$

$$\text{при } v_m \leq 0,3, \quad n = 1.$$

Предельно допустимый выброс загрязняющих веществ из конкретного источника отходящих газов определяется по формуле, г/с

$$ПДВ = \frac{C_{д} H^2 \sqrt[3]{Q_{\Delta T}}}{AK_F m \cdot n \cdot \eta}, \quad (8)$$

а концентрацию вредного вещества в устье источника – по формуле

$$C_y = \frac{ПДВ}{Q}, \text{ г/м}^3, \quad (9)$$

где  $A$  – коэффициент температурной стратификации атмосферы (для Свердловской области  $A = 160$ );  $K_F$  или  $F$  – коэффициент оседания веществ в атмосфере (для пыли  $F = 3$ , для газов  $F = 1$ );  $m$ ,  $n$  – коэффициенты, учитывающие условия выхода газовой смеси из устья источника выброса (диаметр и высота устья, температура и скорость выхода газовой смеси).

### **Установление санитарно-защитной зоны вокруг предприятия**

Следующим природоохранным мероприятием является установление *санитарно-защитной зоны (СЗЗ)* вокруг предприятия. Согласно СНИП и СанПиН, санитарно-защитные зоны следует создавать вокруг всех промышленных предприятий, выбрасывающих вредные вещества в атмосферу, в том числе и общественного производства. **СЗЗ** – благоустроенная или озелененная территория, отделяющая площадку предприятия, являющегося источником загрязнения атмосферы, шумовых, радиационных и прочих воздействий, от жилой и общественной застройки. Размеры ее устанавливаются с учетом санитарной классификации предприятий, расчетов загрязнения атмосферы и других факторов. Санитарная классификация приведена в Санитарных правилах и нормах – СанПиН 2.2.1/2.1.1567-96. Нормами установлено 5 классов предприятий и соответственно 5 размеров нормативных СЗЗ: 1 класс – 2000 м; II класс – 1000 м; III класс – 500 м; IУ класс – 300 м; У класс – 100 м.

Размеры СЗЗ должны проверяться расчетом загрязнения атмосферы (расчет рассеивания вредных веществ в атмосфере) с учетом перспективы развития предприятия и фактического загрязнения атмосферного воздуха. Полученные таким образом размеры расчетной СЗЗ должны уточняться отдельно для различных направлений ветра в зависимости от результатов расчета и среднегодовой розы ветров района.

### **Определение расчетной санитарно-защитной зоны**

Приземная концентрация загрязняющих веществ в атмосфере, создаваемая источником выбросов на предприятии, рассчитывается по формуле

$$C = C_{\max} S_1, \quad (10)$$

где  $C_{\max}$  – максимальное значение приземной концентрации вредного вещества при выбросе газовой смеси из одиночного точечного источника, мг/м<sup>3</sup>

$$C_{\max} = \frac{AMFmn\eta}{H^2 \sqrt[3]{Q\Delta T}}, \quad (11)$$

где  $A$  – коэффициент температурной стратификации атмосферы (для Свердловской области  $A = 160$ );  $M$  – мощность выброса, г/с;  $F$  – коэффициент оседания веществ в атмосфере (для пыли  $F = 3$ , для газов  $F=1$ );  $m, n$  – коэффициенты, учитывающие условия выхода газовой смеси из устья источника выброса (диаметр и высота устья, температура и скорость выхода газовой смеси);  $\eta$  – коэффициент рельефа местности (для равнины равен 1);  $H$  – высота источника, м;  $Q$  – объем выбрасываемой газовой смеси, м<sup>3</sup>/с;  $\Delta T$  – разность между температурой выбрасываемой газовой смеси и температурой окружающего воздуха, °С;  $S_1$  – безразмерный коэффициент, определяемый в зависимости от соотношения  $x/x_M$  и коэффициента  $F$

$$S_1 = 1,13 / [0,13 (x / x_M)^2 + 1], \quad (12)$$

где  $x$  – расстояние от источника выброса, м;  $x_M$  – расстояние от источника выбросов, на котором приземная концентрация достигает максимального значения, м. Оно определяется по формуле

$$x_M = \frac{(5 - F)kH}{4}, \quad (13)$$

где  $k = 4,95 v_M$  при  $v_M \leq 2$ ,  $k = 7\sqrt{v_M}$  при  $v_M > 2$

$$v_M = 0,65 \sqrt[3]{\frac{Q\Delta T}{H}}. \quad (14)$$

Преобразовав формулу, можно определить расстояние  $x$ , равное величине СЗЗ, на котором в приземном слое атмосферы будет достигаться равенство  $C = \text{ПДК}_{\text{жилой зоны}}$  по определяемым загрязняющим веществам. Величины ПДК по газу и пыли можно определить по данным табл. 1 или по справочным данным.

На основании полученных расчетных данных можно определить класс опасности предприятия, сравнив их с данными СанПиН 2.2.1/2.1.1567-96.

### **Корректировка санитарно-защитной зоны по розе ветров**

Полученные размеры СЗЗ уточняются отдельно для различных направлений ветра в зависимости от среднегодовой розы ветров района по формуле

$$L = L_0 P/P_0, \quad (15)$$

где  $L$  – уточненный размер СЗЗ в направлении, противоположном розе ветров, м;  $L_0$  – нормативный размер СЗЗ, полученный по данным СанПиН 2.2.1/2.1.1567-96, м;  $P$  – среднегодовая повторяемость рассматриваемого направления ветра, %;  $P_0$  – повторяемость направлений ветров при круговой розе ветров (при восьмирумбовой розе ветров  $P_0 = 100 : 8 = 12,5$  %).

### **Построение санитарно-защитной зоны предприятия**

Для построения СЗЗ необходим ситуационный план предприятия. Для этого на листе бумаги (лучше на миллиметровой, формата А 4) необходимо нарисовать предприятие (лучше кубиками). В левом верхнем углу чертежа приводится роза ветров.

При обосновании величины СЗЗ первоначально на ситуационном плане отмечают:

- нормативные границы СЗЗ вокруг каждого источника выброса предприятия и определяют общую границу санитарной зоны;
- уточненные границы СЗЗ в зависимости от розы ветров (при этом необходимо учитывать, что величина уточненной санитарно-защитной зоны противоположна рассматриваемому направлению ветра).

СЗЗ определяется как итог наложения обеих линий.

Задания для самостоятельного расчета ПДВ и санитарно-защитной зоны распределяются преподавателем по индивидуальным данным для каждого студента.

## Практическая работа 4

### Расчет нормативно допустимого сброса загрязняющих веществ в водный объект. Условия сброса сточных вод в водоемы

Условия сброса сточных вод в поверхностные водные объекты определяются категорией использования данного водного объекта. После сброса сточных вод допускается некоторое ухудшение качества воды в водоемах, однако это не должно заметно отражаться на его жизни и на возможности дальнейшего использования водоема в качестве источника водоснабжения, для культурных и спортивных мероприятий, рыбохозяйственных целей.

Разбавление является одним из важнейших факторов обезвреживания сточных вод, поступивших в водоем. Хотя при разбавлении общее количество поступившего в водоем загрязняющего вещества не изменяется, обезвреживающий эффект несомненен. Если в водоем поступила сточная вода, то дальше она будет смешиваться с водой водоема, причем воздействовать на этот процесс практически невозможно. Разбавление сточной жидкости в речном потоке обусловлено смешиванием загрязненных струй со смежными более чистыми струями под влиянием турбулентного перемешивания. Вследствие этого к поступившей в водоем сточной жидкости с расходом  $q$ , м<sup>3</sup>/с, присоединяется разбавляющая речная жидкость с расходом  $Q$ , м<sup>3</sup>/с.

Под разбавлением  $n$  подразумевается отношение суммы расходов разбавляемой  $q$  и разбавляющей  $Q$  к расходу разбавляемой воды. В связи с тем, что в разбавлении участвует только часть речного потока, то вводится  $y$  – коэффициент, показывающий, какая часть речного расхода  $Q$  участвует в разбавлении сточной воды.

$$n = \frac{q + y \cdot Q}{q}, \quad (16)$$

т. е. концентрация меняется только за счет разбавления определяется по формуле

$$C_{\text{к.ст}} = C_{\phi} + \frac{C_{\text{ст}} - C_{\phi}}{n} \quad (17)$$

или

$$C_{\text{к.ст}} = \frac{C_{\text{ст}} \cdot q + y \cdot Q \cdot C_{\phi}}{q + y \cdot Q}. \quad (18)$$

Концентрация смешения  $y$  рассчитывается по формуле

$$y = \frac{1 - b}{1 + b \cdot Q/q}. \quad (19)$$

При  $b = e^{-a\sqrt{x}}$

$$a = 1,43 \sqrt[3]{\frac{2,1 \cdot H \cdot v}{q \cdot [7,8 \cdot H^{0,5-0,115\sqrt{H/2}}]^2}}, \quad (20)$$

где  $C_{к.ст}$  – концентрация загрязняющего вещества в контрольном створе (500 м), мг/дм<sup>3</sup>;  $C_{ст}$  – концентрация загрязняющего вещества в сточных водах, мг/дм<sup>3</sup>;  $C_{ф}$  – фоновая концентрация загрязняющих веществ в реке, мг/дм<sup>3</sup>;  $q$  – расход сточных вод, м<sup>3</sup>/с;  $H$  – глубина русла реки, м;  $v$  – скорость течения реки, м/с;  $x$  – расстояние от точки сброса до контрольного створа, м (500 м).

### Определение нормативно допустимого сброса и требуемой степени очистки сточных вод

Для определения допустимой концентрации  $C_{доп}$  загрязняющего вещества в сточных водах, которая удовлетворяет требованиям «Правил охраны поверхностных вод», т. е. при которой через 500 м после сброса концентрация вещества в реке не превысит 1 ПДК можно воспользоваться формулой

$$C_{доп} = C_{к.ст} + y \cdot Q \frac{C_{к.ст} - C_{ф}}{q}, \quad (21)$$

при  $C_{к.ст} = \text{ПДК}$ :

- по взвешенным веществам  $\text{ПДК}_{\text{вв}} = C_{ф} + 0,25$  мг/л;
- по нефтепродуктам  $\text{ПДК}_{\text{нп}} = 0,05$  мг/л.

Требуемая эффективность  $\mathcal{E}$  очистки сточных вод определяется по формуле

$$\mathcal{E} = 100 \frac{C_{ст} - C_{доп}}{C_{ст}}. \quad (22)$$

Расчет НДС осуществляется исходя из  $C_{доп}$ , а также годового и часового расхода сточных вод  $q$  (см. задание):

- НДС =  $q \cdot C_{доп}$  (г/час, т/год).

Расчет ВСС осуществляется исходя из  $C_{ст}$ :

- ВСС =  $q \cdot C_{ст}$  (г/час, т/год).

### Расчет нормативно допустимого сброса

Если очищенные воды сбрасываются в окружающую среду, то необходимая степень их очистки определяется нормативами ПДК, НДС и экологическими требованиями.

При расчете предельно допустимого сброса необходимо знать следующие параметры речного стока и сточных вод:

- коэффициент неровности дна водотока ( $\eta$ ) (для ровного дна  $\eta = 1$ );
- коэффициент неровности берегов ( $\phi$ );

- предельно допустимые концентрации вредных примесей ( $K_{\text{ПДК}}$ , мг/л);
- среднюю скорость течения воды в водоеме или водотоке ( $v_{\text{ср}}$ , м/с);
- среднюю глубину водоема ( $H_{\text{ср}}$ , м);
- расход воды в водоеме или водотоке ( $Q$ , м<sup>3</sup>/с);
- расход сточных вод ( $q$ , м<sup>3</sup>/с);
- содержание вредных веществ в воде водоема до выпуска сточных вод ( $K_1$ , мг/л).

Расчет НДС начинается с определения коэффициента турбулентности по формуле

$$E = \frac{v_{\text{ср}} H_{\text{ср}}}{200}; \quad (23)$$

коэффициента, учитывающего влияние гидравлических факторов смешения сточных вод

$$\alpha = \eta \varphi \sqrt[3]{\frac{E}{q}}; \quad (24)$$

и коэффициента смешения сточных вод с водой водоема:

$$\mu = \frac{1-\beta}{1+\frac{Q\beta}{q}}; \quad (25)$$

где  $\beta = e^{-\alpha^3 L}$ ,  $L = 1\,000$  м – величина расчетного створа.

Допустимую концентрацию вредного вещества в сточной воде с учетом ее смешения с водой водоема определяют по формуле

$$K_{\text{д}} = \frac{\mu \cdot Q}{q} (K_{\text{ПДК}} - K_1) + K_{\text{ПДК}}, \text{ мг/л}; \quad (26)$$

а нормативно допустимый сброс – по формуле

$$\text{НДС} = K_{\text{д}} \cdot q, \text{ г/с}. \quad (27)$$

Данные для расчета следует взять из прил. 2, результаты расчетов заносятся в табл. 3.

Таблица 3

### Результаты расчета НДС и ВСС

Вещество	ПДК, мг/дм <sup>3</sup>				НДС		ВСС	
					г/час	т/год	г/час	т/год
Взвешенные вещества								
Нефтепродукты								

## Практическая работа 5

### Расчет платежей за использование природных ресурсов

Согласно закону «Об охране окружающей природной среды» вводятся следующие виды платежей:

#### 1. Плата за природные ресурсы

- за землю;
- недра;
- воду;
- лес и иную растительность;
- другие виды ресурсов.

#### 2. Плата за загрязнение окружающей среды:

2.1. За загрязнение в пределах установленных лимитов.

2.2. За загрязнение сверх установленных лимитов.

Различают два вида нормативов платежей за загрязнение окружающей среды:

- 1) платежи за загрязнение в пределах допустимых нормативов: в пределах ПДВ и НДС;
- 2) платежи за загрязнение в пределах согласованных нормативов в пределах ВСВ и ВСС;

Плата за свехнормативное воздействие определяется на основе второго норматива с применением пятикратного повышающего коэффициента к воздействию, превышающему установленный лимит.

**Предельно-допустимый выброс (ПДВ)** – норматив выброса в атмосферу, установленный на условиях, чтобы содержание загрязняющих веществ в приземном слое воздуха даже при неблагоприятных метеорологических ситуациях не превышало нормативов качества воздуха, установленных для населенных пунктов с учетом фоновых концентраций веществ, выбрасываемых другими источниками в зоне влияния.

**Нормативно-допустимый сброс (НДС)** – это масса вещества в сточных водах, максимально допустимая к отведению в данном пункте водного объекта в единицу времени с целью обеспечения норм качества воды.

За воздействие на окружающую среду предусматривается взимание следующих видов платежей:

- за выброс в атмосферу загрязняющих веществ от стационарных и передвижных источников;
- за сброс загрязняющих веществ в поверхностные водные объекты, системы ливневой канализации, на рельеф местности;
- земельный налог.

#### 5.1. Расчет платежей за выброс и сброс

Расчет платежей за загрязнение окружающей среды ведется по каждому загрязняющему веществу отдельно.

*Плата за загрязнение окружающей среды в размерах, не превышающих установленные природопользователю предельно допустимые нормативы выбросов и сбросов загрязняющих веществ, определяется по каждому веществу путем умножения соответствующих нормативов платы за 1 условную тонну загрязняющих веществ на приведенную массу выбросов.*

Приведенная масса выброса загрязняющих веществ определяется как произведение массы выброса на соответствующий коэффициент относительно опасности. Коэффициент относительной опасности равен величине, обратной предельно допустимой концентрации (ПДК).

$$П_{н_i} = C_{н} \cdot M_1 \cdot A_1, \text{ при } M_1 < M_{н_i}, \quad (28)$$

$$П_{н_i} = C_{н} \cdot M_1 \cdot A_1, \text{ при } M_1 > M_{н_i}, \quad (29)$$

где  $C_{н}$  – норматив платы за 1 условную тонну выбросов в атмосферу стационарными источниками или сброса в водные объекты в пределах допустимых загрязнений (ПДВ, НДС), р/усл. т;  $M_1$  – фактический выброс (сброс)  $i$ -го загрязняющего вещества (ПДВ, НДС), т/год;  $A_1$  – коэффициент, учитывающий относительную опасность  $i$ -го загрязняющего вещества,  $A_1 = 1/ПДК_1$ ;  $ПДК_1$  – среднесуточная ПДК  $i$ -го загрязняющего вещества в воздухе мг/м<sup>3</sup> или ПДК вещества в водоеме рыбохозяйственного значения, мг/л.

Для выбросов в атмосферу при определении коэффициента относительной опасности используется ПДК среднесуточные, в случае их отсутствия – ПДК максимально разовые, или ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ).

Для сбросов в водные объекты и на рельеф местности при определении коэффициента относительной опасности используется ПДК для рыбохозяйственных водоемов, а при их отсутствии ПДК хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.

*Плата за загрязнение окружающей природной среды в пределах установленных лимитов (согласованных нормативов) определяется путем умножения соответствующих нормативов платы за 1 условную тонну на разницу между приведенными лимитами и предельно допустимыми выбросами (сбросами) загрязняющих веществ.*

$$П_{л_i} = C_{л} \cdot (M_{л_i} - M_{н_i}) \cdot A_1, \text{ при } M_{н_i} < M_1 < M_{л_i}, \quad (30)$$

$$П_{л_i} = C_{л} \cdot (M_{л_i} - M_{н_i}) \cdot A_1, \text{ при } M_1 < M_{л_i}, \quad (31)$$

где  $C_{л}$  – норматив платы за выбросы в атмосферу стационарными источниками или сброс в водные объекты в пределах установленных лимитов (ВСВ, ВСС), р/усл. т;  $M_{л_i}$  – выброс (сброс)  $i$ -го загрязняющего вещества в атмосферу (в воду) в пределах установленного лимита (ВСВ, ВСС), т/год.

*Плата за сверхлимитные выбросы загрязняющих веществ определяется путем умножения пятикратного увеличенного норматива платы за загрязнение в пределах лимита на величину превышения приведенной фактической массы выбросов (сбросов) над приведенной массой установленного лимита.*

$$П_{C_1} = 5 \cdot C_{л} \cdot (M_1 - M_{л_1}) \cdot A_1, \text{ при } M_1 < M_{л_1}. \quad (32)$$

Общая плата за загрязнение атмосферного воздуха от стационарных источников и за сброс в водные объекты определяется по формуле

$$П = \sum (П_{н_1} + П_{л_1} + П_{C_1}). \quad (33)$$

Результаты расчета заносятся в табл. 4:

Таблица 4

Расчет платежей за выброс (от стационарных источников) и сброс

Вещество	ПДКсс, мг/м <sup>3</sup> ; ПДКрх, мг/л	A, <u>усл.т</u> т	M, т/г	ПДВ (НДС), т/г	ВСВ (ВСС), т/г	Пн, руб.	Пл, руб	Пс, руб.	П, руб.
.....									
Итого за выбросы в атмосферу									
.....									
Итого за сбросы в водные объекты									
Всего за выбросы и сбросы по предприятию									

## 5.2. Расчет платы за выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от передвижных источников

Плата за выбросы в атмосферу загрязняющих веществ от передвижных источников определяется по типам транспортных средств.

$$П_{п} = \sum П_{пн_1} \cdot n_1, \quad (34)$$

где  $П_{п}$  – плата за выбросы в атмосферу загрязняющих веществ от передвижных источников;  $С_{пн_1}$  – норматив платы по типам транспортных средств за выброс в атмосферу загрязняющих веществ от передвижных источников, руб;  $n_1$  – количество транспортных средств  $i$ -го типа.

Суммарный размер платы за загрязнение атмосферы выбросами от стационарных и передвижных источников составит

$$П_{атм} = П_{ст} + П_{п}. \quad (35)$$

Для расчета платежей за автотранспорт необходимо определить количество (парк) автосамосвалов на предприятии

$$n_a = \frac{K_n}{K_{тг}} \cdot \frac{A_T}{n_p \cdot q_{гр}}, \quad (36)$$

где  $K_n$  – коэффициент неравномерности движения транспорта ( $K_n = 1.1$ );  $K_{тг}$  – коэффициент технической готовности автопарка ( $K_{тг} = 0,73$ );  $A_T$  – техническая производительность автотранспорта, т/час;  $q_{гр}$  – грузоподъемность автосамосвала, т;  $n$  – число рейсов одного автосамосвала в час

$$n_p = \frac{60}{T_n + T_p + T_{дв} + T_{тз}}, \quad (37)$$

где  $T_n$  – длительность погрузки самосвала (2 мин);  $E_p$  – длительность разгрузки самосвала (1 мин);  $T_{дв}$  – длительность движения самосвала, мин;  $T_{тз}$  – длительность технологических задержек (4 мин).

Размер земельного налога определяется путем умножения нормативной ставки ежегодной платы за пользование земельными ресурсами на площадь земельного участка (земельного отвода).

$$n_a = 1,5 \frac{A_T (0,12 + 21/v)}{q_{гр}}. \quad (38)$$

### 5.3. Расчет ежегодного земельного налога

Размер земельного налога определяется путем умножения нормативной ставки ежегодной платы за пользование земельными ресурсами на площадь земельного участка (земельного отвода)

$$П_з = C_{зн} \cdot S_{зо}, \quad (39)$$

где  $П_з$  – размер земельного налога, р;  $C_{зн}$  – нормативная ставка ежегодной платы за пользование земельными ресурсами, р./га;  $S_{зо}$  – площадь земельного участка (земельного отвода), га.

В облагаемую налогом площадь включаются земельные участки, занятые строениями и сооружениями, участки, необходимые для их содержания, а также санитарно-защитные зоны объектов, технические и другие зоны.

Результаты расчета платежей за использование природных ресурсов заносятся в таблицу.

Таблица 5

Платежи за использование природных ресурсов

№ п/п	Вид платежей	Сумма, р
1	Плата за выбросы загрязняющих веществ в атмосферу	
2	Плата за сброс загрязняющих веществ в водные источники	
3	Земельный налог	
Итого платежи за природопользование		

## Библиографический список

1. Зубрев Н. И., Шарпова Н. А. Охрана окружающей среды и экологическая безопасность на железнодорожном транспорте: учеб. пособие. – М. : УМК МПС России, 1999. – 592 с.
2. Головизников А. В. Методические указания по выполнению практических работ по курсу «Экология». – Екатеринбург, 1999. – 47 с.
3. Рыбаков Ю. С. Лекции по курсу «Промышленная экология»: учеб. пособие. – Екатеринбург : УрГУПС, 2004. – 152 с.
4. Рыбаков Ю. С. Лекции по курсу «Процессы и аппараты защиты окружающей среды»: учеб. пособие. – Екатеринбург : УрГУПС, 2005. – 194 с.
5. Лотош В. Е. Технологии основных производств в природопользовании: учеб. для вузов. – Екатеринбург : Изд-во УрГУПС, 2002. – 553 с.
6. Лотош В. Е. Переработка отходов природопользования: учеб. пособие. – Екатеринбург : Изд-во УрГУПС, 2002. – 463 с.
7. Водный кодекс Российской Федерации (утвержден Федеральным законом от 18.10.1995 №167-ФЗ (в ред. Федеральных законов от 30.06.2003 №86-ФЗ, от 22.08.2004 №122-ФЗ (ред. 29.12.2004), от 09.05.2005 №45-ФЗ, от 31.12.2005 №199-ФЗ, с изм., внесенными Федеральными законами от 30.12.2001 №194-ФЗ, от 24.12.2002 №176-ФЗ, от 23.12.2003 №186-ФЗ)).
8. Земельный кодекс Российской Федерации (утвержден Федеральным законом от 25.10.2001 № 136-ФЗ (в ред. Федеральных законов от 30.06.2003 №86-ФЗ, от 29.06.2004 №58-ФЗ, от 03.10.2004 №123-ФЗ, от 21.12.2004 №172-ФЗ, от 29.12.2004 № 189-ФЗ, от 29.12.2004 № 191-ФЗ, от 07.03.2005 №15-ФЗ, от 21.07.2005 №111-ФЗ, от 22.07.2005 №117-ФЗ, от 31.12.2005 №206-ФЗ)).
9. Об охране окружающей среды (утверждено Федеральным законом от 10.01.2002 №7-ФЗ (в ред. Федеральных законов от 22.08.2004 №122-ФЗ, от 29.12.2004 №199-ФЗ, от 09.05.2005 № 45-ФЗ, от 31.12.2005 №199-ФЗ)).

Предельно допустимые концентрации некоторых веществ в воздухе, мг/м<sup>3</sup>

Вещество	ПДК в рабочей зоне	Средне суточная ПДК	Максимально разовая ПДК	Класс опасности
Азот диоксид	5	0,04	0,085	2
Аммиак	20	0,04	0,2	4
Ангидрид сернистый	10			3
Ацетон	200	0,35	0,35	4
Взвешенные вещества		0,15	0,5	3
Железа оксид		0,04	-	3
Кислота азотная		0,15	0,4	2
Кислота серная	1	0,1	0,3	2
Медь	0,5	0,001	-	2
Мышьяк		0,003	-	2
Нафталин	20	0,003	0,003	4
Озон	0,1	0,03	0,16	1
Полиэтилен	10	-	-	3
Ртуть металлическая	0,005	0,0003	-	1
Сажа	4	0,05	0,15	3
Свинец	0,007	0,0003	-	2
Сероводород	10	0,008	0,008	2
Спирт метиловый	5	0,5	1	3
Спирт этиловый	1000	5	5	4
Угарный газ	20	3,0	5,0	4
Углерода оксид		3	5	4
Фенол	0,3	0,003	0,01	2
Хлор	1	0,03	0,1	2

Основные примеси атмосферы и их источники

Примеси	Основные источники		Среднегодовая концентрация в воздухе, мг/м <sup>3</sup>
	Естественные	антропогенные	
Твердые частицы (зола, пыль и др.)	Вулканические извержения, пылевые бури, лесные пожары и др.	Сжигание топлива в промышленных и бытовых установках	В городах 0,04-0,4
Сернистый газ	Вулканические извержения, окисление серы и сульфатов, рассеянных в море	То же	В городах до 1,0
Оксиды азота	Лесные пожары	Промышленность, транспорт, теплоэлектростанции	В районах с развитой промышленностью до 0,2
Оксид углерода	Лесные пожары, выделения океанов, окисление терпенов	Транспорт, промышленные энергоустановки, черная металлургия	В городах от 1 до 50
Летучие углеводороды	Лесные пожары, природный метан, природные терпены	Транспорт, дожигание отходов, испарение нефтепродуктов	В районах с развитой промышленностью до 3,0
Полициклические ароматические углеводороды	-	Транспорт, химические заводы, нефтеперерабатывающие заводы	В районах с развитой промышленностью до 0,01

## Критерии оценки загрязненности воды по ПДК вредных веществ

Показатель загрязненности	Лимитирующий показатель вредности	ПДК, мг/дм <sup>3</sup>	
		хозпитьевой	рыбохозяйственный
Растворенный кислород	Общесанитарный	≥ 4	≥ 6
БПК <sub>5</sub>	- “ -	3	3
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> по азоту	- “ -	≤ 2	-
Бензол	- “ -	≤ 0,5	≤ 0,5
Окисляемость: перманганатная	- “ -	≤ 10	-
	- “ -	≤ 30	-
Железо трехвалентное	Органолептический	≤ 0,5	-
Медь	- “ -	≤ 0,1	≤ 0,001
Нефтепродукты	- “ -	≤ 0,3	≤ 0,05
Фенолы	- “ -	≤ 0,001	≤ 0,001
Экстрагируемые вещества	- “ -	≤ 0,1	≤ 0,05

Допустимые концентрации (ДК) вредных веществ в сточных водах при биологической очистке

Вещество	ДКм г/л	Эффек- тив- ность удале- ния, %	Вещество	ДК, мг/л	Эффек- тив- ность удале- ния, %
Кадмий	0,1	60	ПАВ биологиче- ски мягкие (окис- ляющиеся на со- оружениях био- логической очи- стки): анионные	20	80
Кобальт	1	50			
Красители: сернистые, синтетиче- ские	25 25	90 70			
Медь	0,5	80	неионогенные	50	90
Мышьяк	0,1	50	ПАВ промежу- точные: анионные	20	60
			неионогенные	20	75
Нефть и нефте- продукты	25	90	Сульфиды	1	99
Никель	0,5	50	Формальдегид	25	80
Ртуть	0,005	-	Хром (трехва- лентный)	2,5	80
Свинец	0,1	50	Цианиды	1,5	-
			Цинк	1	70

## Исходные данные для выполнения расчета НДС

Вариант	Н, м	V, м/с	Q, м <sup>3</sup> /с	Расход сточных вод		Взвешенные вещества		Нефтепродукты	
				q, л/с	q, м <sup>3</sup> /г	С <sub>ф</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	С <sub>ст</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	С <sub>ф</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	С <sub>ст</sub> , мг/дм <sup>3</sup>
1	1,5	0,6	40	35	4980	0,5	400	0,020	39
2	1,6	0,7	41	36	4085	1,0	425	0,023	40
3	1,7	0,8	42	37	4190	1,5	450	0,026	41
4	1,8	0,9	43	38	4295	2,0	500	0,029	42
5	1,9	1,0	44	39	5305	2,5	550	0,020	43
6	2,0	1,1	45	40	5410	0,5	600	0,023	44
7	2,1	1,2	46	41	5515	1,0	400	0,026	45
8	2,2	1,3	47	42	5620	1,5	425	0,029	39
9	2,3	1,4	48	43	5725	2,0	450	0,020	40
10	2,4	0,6	49	44	5890	2,5	500	0,023	41
11	2,5	0,7	50	45	5935	0,5	550	0,0-26	42
12	1,5	0,8	51	46	5140	1,0	600	0,029	43
13	1,6	0,9	52	47	5245	1,5	400	0,020	44
14	1,7	1,0	53	48	5350	2,0	425	0,023	45
15	1,8	1,1	54	49	5455	2,5	450	0,026	39
16	1,9	1,2	55	50	5560	0,5	500	0,029	40
17	2,0	1,3	56	51	5665	1,0	550	0,020	41
18	2,1	1,4	57	52	5770	1,5	600	0,023	42
19	2,2	0,6	58	53	5875	2,0	400	0,026	43
20	2,3	0,7	59	54	5980	2,5	425	0,029	44
21	2,4	0,8	60	55	5085	0,5	450	0,020	45
22	2,5	0,9	40	56	5190	1,0	500	0,023	39
23	1,5	1,0	41	57	5295	1,5	550	0,026	40
24	1,6	1,1	42	58	5300	2,0	600	0,029	41
25	1,7	1,2	43	59	5405	2,5	400	0,200	42

Нормативы платежей за использование природных ресурсов (2):

1. За выбросы в атмосферу стационарными источниками за 1 условную тонну:

– в пределах допустимых нормативов – 1,53 р;

– в пределах согласованных нормативов – 7,63 р.

2. За сбросы загрязняющих веществ в водные объекты за 1 условную тонну:

– в пределах допустимых нормативов – 133,19 р;

– в пределах согласованных нормативов – 665,97 р.

3. За выбросы в атмосферу загрязненных веществ от передвижных источников по типам транспортных средств за 1 единицу в год:

– грузовой автомобиль с дизельным двигателем – 112,20 р;

– дорожно-строительные машины – 22,44 р.

4. Нормативная ставка ежегодной платы за пользование земельными ресурсами составляет – 210 р за га.

*Учебное издание*

**Бондаренко Валентина Васильевна**

## **Природопользование**

Методические указания к выполнению практических работ  
по дисциплине ОПД.В.01.02 «Природопользование»  
для студентов специальности 280202 – «Инженерная  
защита окружающей среды» всех форм обучения

Редактор *С. В. Пилюгина*

Подписано в печать 12.11.12. Формат 60x84/16.

Бумага офсетная. Усл. печ. л. 1,6.

Тираж 50 экз. Заказ 172.

Издательство УрГУПС  
620034, Екатеринбург, ул. Колмогорова, 66