

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Техносферная безопасность»

ЭКОЛОГИЯ

*Методические рекомендации к практическим занятиям
для студентов направления подготовки
12.03.04 «Биотехнические системы и технологии»
очной формы обучения*



Могилев 2025

УДК 504(075.8)
ББК 20.1
Э40

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Техносферная безопасность» «22» января 2025 г.,
протокол № 6

Составители: канд. вет. наук, доц. Т. Н. Агеева;
канд. биол. наук, доц. Н. Н. Казаченок;
нанд. техн. наук, доц. И. В. Шилова

Рецензент канд. техн. наук, доц. С. В. Данилов

Методические рекомендации к практическим занятиям содержат основные теоретические положения по теме, методику выполнения, формулы для расчета, варианты заданий и предназначены для студентов направления подготовки 12.03.04 «Биотехнические системы и технологии» очной формы обучения.

Учебное издание

ЭКОЛОГИЯ

Ответственный за выпуск	А. В. Щур
Корректор	И. В. Голубцова
Компьютерная верстка	Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 26 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 07.03.2019.
Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский
университет, 2025

Содержание

1 Практическая работа № 1. Оценка качества атмосферного воздуха и риска здоровью населения на основе санитарно-гигиенического нормирования.....	4
2 Практическая работа № 2. Определение максимальной приземной концентрации примеси и зоны ее рассеивания	10
3 Практическая работа № 3. Оценка экономического ущерба от загрязнения окружающей среды.....	14
4 Практическая работа № 4. Измерение удельной активности радионуклидов в продуктах питания	23
5 Практическая работа № 5. Полигоны захоронения отходов и их воздействие на окружающую среду	29
6 Практическая работа № 6. Расчет выбросов загрязняющих веществ при сжигании твердого топлива	37
7 Практическая работа № 7. Экономические механизмы природопользования	44
Список литературы.....	48

1 Практическая работа № 1. Оценка качества атмосферного воздуха и риска здоровью населения на основе санитарно-гигиенического нормирования

Цель работы: изучить методологические основы санитарно-гигиенического нормирования; выполнить оценку качества воздуха населенных мест и риска здоровью населения на основе санитарно-гигиенического нормирования на примере городов Республики Беларусь.

1.1 Теоретическая часть

Регулирование качества окружающей среды осуществляется на основе нормативного методологического подхода путем разработки и утверждения санитарно-гигиенических нормативов. Санитарно-гигиеническое нормирование осуществляется с целью установления предельно допустимых воздействий на окружающую среду, гарантирующих сохранение здоровья населения и безопасность биосферы в целом.

Санитарно-гигиенические нормативы устанавливаются по отношению к концентрациям загрязняющих веществ (ЗВ) в воздухе, воде и почве, уровням физических воздействий (шуму, вибрации и т. д.). В соответствии с действующим законодательством качество атмосферного воздуха определяется предельно допустимыми концентрациями ЗВ в воздухе.

Предельно допустимая концентрация (ПДК) ЗВ в атмосфере – это максимальная концентрация ЗВ в атмосфере, отнесенная к определенному времени осреднения, которая при периодическом воздействии или на протяжении всей жизни человека не оказывает на него вредного воздействия, включая отдаленные последствия, и на окружающую среду в целом.

В настоящее время используется несколько видов *ПДК*.

В зависимости от периода осреднения выделяют такие *ПДК*, как:

- максимальная разовая (*ПДК_{м.р}*) – это максимальная концентрация примеси в атмосфере, определяемая по пробе, отобранной за 20...30-минутный интервал времени;

- среднесуточная (*ПДК_{сс}*) – это концентрация примеси в атмосфере, отбираемая по среднесуточной пробе, в течение 24 ч непрерывно либо с равными интервалами, но не менее 4-х раз в сутки;

- среднемесячная – это концентрация примеси в атмосфере, определяемая как среднее значение среднесуточных или максимально разовых концентраций, измеряемых не менее 20 дней в месяц;

- среднегодовая – это концентрация примеси в атмосфере, определяемая как среднее значение среднесуточных или максимально разовых концентраций, измеряемых не менее 200 дней в год.

В зависимости от реципиентов выделяют такие *ПДК*, как:

- предельно допустимая концентрация для воздуха населенных мест (*ПДК_{ав}*);

- предельно допустимая концентрация для воздуха рабочей зоны (*ПДК_{рз}*).

В случае отсутствия значений *ПДК* применяются ориентировочно безопасные уровни воздействия (ОБУВ).

Величина *ПДК* зависит от степени токсичности вещества, которая характеризуется классом опасности:

- I класс – чрезвычайно опасные вещества, $ПДК_{рз} < 0,1 \text{ мг/м}^3$;
- II класс – высокоопасные вещества, $0,1 < ПДК_{рз} < 1 \text{ мг/м}^3$;
- III класс – умеренно опасные вещества, $1 < ПДК_{рз} < 10 \text{ мг/м}^3$;
- IV класс – малоопасные вещества, $ПДК_{рз} > 10 \text{ мг/м}^3$.

Класс опасности вещества зависит от характера его воздействия на организм. По этому признаку выделяют резорбтивные (воздействие на внутренние органы), рефлексорные (воздействие на органы чувств и дыхания) и рефлексорно-резорбтивные токсичные вещества.

Для обеспечения экологической безопасности населенных пунктов должны соблюдаться *ПДК* для концентраций ЗВ в атмосферном воздухе. При наличии в воздухе нескольких ЗВ рассчитывается *коэффициент комбинированного действия (ККД)*. *ККД* отражает характер воздействия одновременно присутствующих в атмосферном воздухе ЗВ, который может проявляться по типу суммации неблагоприятных эффектов воздействия каждого из ЗВ.

ККД рассчитывается по формуле

$$ККД = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{ПДК_i}, \quad (1.1)$$

где C_i – концентрация загрязняющего вещества в воздухе;

i – количество загрязняющих веществ.

Соблюдение нормативного качества воздуха и отсутствие риска повышения заболеваемости признается в следующих случаях:

$$ККД < 2 \quad \text{при } 2 \leq i \leq 4;$$

$$ККД < 3 \quad \text{при } 5 \leq i \leq 9;$$

$$ККД < 4 \quad \text{при } 10 \leq i \leq 20,$$

где i – количество загрязняющих веществ.

Санитарно-гигиенические нормативы могут служить основой для оценки рисков здоровью населения.

Для расчета *потенциального риска возникновения рефлексорных эффектов* при загрязнении атмосферного воздуха в зависимости от класса опасности веществ используются формулы:

– I класс

$$P_{rob} = -9,15 + 11,66 \cdot \lg \frac{C}{ПДК_{м.р}}; \quad (1.2)$$

– II класс

$$P_{rob} = -5,51 + 7,49 \cdot \lg \frac{C}{ПДК_{м.р}}; \quad (1.3)$$

– III класс

$$P_{rob} = -2,35 + 3,73 \cdot \lg \frac{C}{ПДК_{м.р}}; \quad (1.4)$$

– IV класс

$$P_{rob} = -1,41 + 2,33 \cdot \lg \frac{C}{ПДК_{м.р}}, \quad (1.5)$$

где P_{rob} – величина, связанная с риском по закону нормального вероятностного распределения;

C – максимальная концентрация воздействующего вещества;

$ПДК_{м.р}$ – максимально-разовая ПДК.

Вероятность развития рефлекторных эффектов при кратковременном воздействии в заданных условиях $Risk$ связана с табличным интегралом P_{rob} ; значения нормально-вероятностного распределения даны в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Значения нормально-вероятностного распределения

P_{rob}	$Risk$	P_{rob}	$Risk$	P_{rob}	$Risk$	P_{rob}	$Risk$	P_{rob}	$Risk$	P_{rob}	$Risk$	P_{rob}	$Risk$
-3,0	0,001	-1,5	0,067	-0,8	0,212	-0,1	0,460	0,6	0,726	1,3	0,903	2,0	0,977
-2,5	0,006	-1,4	0,081	-0,7	0,242	0,0	0,50	0,7	0,756	1,4	0,919	2,5	0,994
-2,0	0,023	-1,3	0,097	-0,6	0,274	0,1	0,540	0,8	0,788	1,5	0,933	3,0	0,999
-1,9	0,029	-1,2	0,115	-0,5	0,309	0,2	0,579	0,9	0,816	1,6	0,945		
-1,8	0,036	-1,1	0,130	-0,4	0,345	0,3	0,618	1,0	0,814	1,7	0,955		
-1,7	0,045	-1,0	0,157	-0,3	0,382	0,4	0,655	1,1	0,864	1,8	0,964		
-1,6	0,055	-0,9	0,184	-0,2	0,421	0,5	0,692	1,2	0,885	1,9	0,971		

Степень риска влияния факторов окружающей среды на состояние здоровья населения оценивается в следующих интервалах:

- $Risk < 0,02$ – приемлемый риск;
- $Risk$ от 0,02 до 0,16 – удовлетворительный риск;
- $Risk$ от 0,16 до 0,50 – неудовлетворительный риск;
- $Risk$ от 0,50 до 0,84 – опасный риск;
- $Risk$ от 0,84 до 1,0 – чрезвычайно опасный риск.

1.2 Практическая часть

Задача 1. Рассчитайте $ККД$ для городов Беларуси по годам наблюдений. Сделайте выводы о наличии или отсутствии загрязнения воздуха по годам наблюдений и о динамике $ККД$. Содержание ЗВ в воздухе городов представлено в таблице 1.2. Значение $ПДК_{с.г}$ ЗВ в атмосферном воздухе населенных мест представлено в таблице 1.3. Для отчета: заполнить таблицу 1.4, выполнить расчеты $ККД$ (см. формулу (1.1)), сделать выводы об уровне риска.

Таблица 1.2 – Содержание загрязняющих веществ в воздухе городов Беларуси по годам наблюдений

Город	Содержание загрязняющих веществ по годам наблюдений, мг/м ³																	
	Пыль			Твердые частицы (фракции РМ-10)			Диоксид серы			Оксид углерода			Диоксид азота			Оксид азота		
	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.
	0,021	0,028	0,020	0,011	0,016	0,020	0,001	0,002	0,001	0,831	0,639	0,770	0,032	0,026	0,030	0,019	0,022	0,020
Бобруйск	0,038	0,047	0,035	0,034	0,027	0,026	0,012	0,016	0,015	0,610	0,786	0,812	0,028	0,030	0,032	0,026	0,026	0,019
Брест	0,101	0,088	0,072	0,046	0,052	0,067	0,001	0,001	0,001	0,750	0,616	0,538	0,032	0,034	0,038	0,022	0,023	0,018
Гомель	0,053	0,049	0,038	0,032	0,041	0,034	0,016	0,009	0,011	0,490	0,424	0,501	0,024	0,026	0,022	0,026	0,035	0,029
Гродно	0,057	0,048	0,036	0,029	0,034	0,031	0,019	0,011	0,013	0,680	0,722	0,504	0,030	0,024	0,026	0,040	0,061	0,052
Минск	0,055	0,045	0,042	0,038	0,030	0,022	0,018	0,021	0,016	0,622	0,576	0,678	0,048	0,042	0,046	0,080	0,076	0,090
Могилев	0,052	0,044	0,037	0,024	0,030	0,028	0,031	0,023	0,026	0,743	0,670	0,630	0,052	0,050	0,048	0,062	0,044	0,039
Мозырь	0,069	0,058	0,054	0,012	0,011	0,013	0,013	0,022	0,023	0,632	0,620	0,568	0,024	0,028	0,026	0,020	0,016	0,018
Новополоцк	0,035	0,034	0,028	0,028	0,028	0,024	0,023	0,025	0,030	0,906	0,672	0,812	0,048	0,054	0,046	0,028	0,024	0,026
Орша	0,018	0,024	0,020	0,010	0,011	0,012	0,001	0,001	0,001	0,850	0,768	0,782	0,025	0,026	0,024	0,016	0,014	0,020
Пинск	0,057	0,050	0,053	0,023	0,028	0,025	0,001	0,001	0,002	0,491	0,481	0,504	0,033	0,032	0,026	0,022	0,016	0,018
Полоцк	0,035	0,028	0,025	0,024	0,022	0,020	0,027	0,047	0,040	1,039	0,798	1,020	0,052	0,060	0,056	0,030	0,024	0,022
Светлогорск	0,059	0,035	0,051	0,012	0,011	0,011	0,001	0,001	0,002	0,855	0,678	0,750	0,030	0,032	0,031	0,016	0,014	0,012
Солигорск	0,029	0,032	0,034	0,018	0,026	0,022	0,001	0,002	0,024	0,662	0,338	0,429	0,022	0,016	0,018	0,014	0,018	0,016
Речица	0,084	0,078	0,083	0,012	0,016	0,014	0,004	0,006	0,004	0,569	0,470	0,469	0,028	0,026	0,030	0,011	0,010	0,010
Жлобин	0,082	0,071	0,080	0,028	0,030	0,022	0,001	0,002	0,001	0,318	0,264	0,402	0,022	0,025	0,024	0,018	0,016	0,016

Таблица 1.3 – $ПДК$ ЗВ в атмосферном воздухе населенных мест

Наименование ЗВ	$ПДК$, мг/м ³			Класс опасности
	$ПДК_{с.г}$	$ПДК_{сс}$	$ПДК_{м.р}$	
Пыль	0,1	0,15	0,3	III
Твердые частицы (фракции РМ-10)	0,04	0,05	0,15	II
Диоксид серы	0,05	0,2	0,5	III
Оксид углерода	0,5	3	5	IV
Диоксид азота	0,04	0,1	0,25	II
Оксид азота	0,1	0,24	0,4	III
Аммиак	–	–	0,2	IV
Формальдегид	–	0,012	0,03	II

Задача 2. Оцените вероятность (риск) возникновения рефлекторных эффектов при загрязнении атмосферного воздуха в городах Беларуси, используя для расчета формулы (1.2)–(1.5) в зависимости от класса опасности веществ. Концентрации ЗВ по годам наблюдений представлены в таблице 1.5, классы опасности веществ и $ПДК_{м.р}$ – в таблице 1.3. Результаты расчетов оформите в виде таблицы 1.6. Используя таблицу 1.1, определите значения риска в разные годы и сделайте вывод о его динамике.

Таблица 1.4 – Содержание ЗВ и значение расчетных $ККД$ по годам наблюдений

Наименование ЗВ	Содержание ЗВ по годам наблюдений, мг/м ³			$ПДК_{с.г}$, мг/м ³
	2020 г.	2021 г.	2022 г.	
Пыль				
Твердые частицы				
Диоксид серы				
Оксид углерода				
Диоксид азота				
Оксид азота				
$ККД$				

Таблица 1.5 – Максимальная разовая концентрация ЗВ в воздухе городов Беларуси по годам наблюдений

Город	Максимальная концентрация загрязняющих веществ, мг/м ³							
	Аммиак		Диоксид серы		Диоксид азота		Формальдегид	
	2020 г.	2022 г.	2020 г.	2022 г.	2020 г.	2022 г.	2020 г.	2022 г.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Бобруйск	0,312	0,098	–	–	0,46	0,26	0,040	0,032
Брест	–	–	0,638	0,160	0,37	0,48	0,066	0,036
Витебск	0,360	0,222	–	–	0,82	0,35	0,052	0,030

Окончание таблицы 1.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Гомель	—	—	0,168	0,490	0,63	0,30	0,068	0,040
Гродно	0,426	0,182	—	—	0,80	0,28	0,040	0,032
Минск	—	—	0,906	0,650	0,98	0,86	0,062	0,046
Могилев	—	—	1,810	0,388	1,08	0,68	0,088	0,066
Мозырь	0,242	0,360	—	—	0,37	0,29	0,062	0,050
Новополоцк	—	—	1,620	1,828	0,89	0,56	0,071	0,040
Орша	0,306	0,180	—	—	0,38	0,22	0,042	0,034
Пинск	0,190	0,098	—	—	0,48	0,36	0,052	0,044
Полоцк	—	—	0,862	1,660	0,84	0,52	0,058	0,046
Светлогорск	0,206	0,362	—	—	0,25	0,31	0,039	0,048
Солигорск	—	—	0,388	0,401	0,30	0,55	0,046	0,036
Речица	0,168	0,046	—	—	0,33	0,27	0,037	0,033
Жлобин	0,120	0,222	—	—	0,58	0,33	0,068	0,050

Таблица 1.6 – Оценка риска возникновения рефлекторных эффектов в городе

Год	Максимальная разовая концентрация ЗВ, мг/м ³	$ПДК_{м.р.}$, мг/м ³	P_{prob}	R_{risk}	Оценка риска
Диоксид азота					
2020					
2022					
Формальдегид					
2020					
2022					
Диоксид серы					
2020					
2022					
Аммиак					
2020					
2022					

Контрольные вопросы

- 1 Дайте определение ПДК.
- 2 Какие виды ПДК выделяют?
- 3 Какие выделяют классы опасности веществ?

2 Практическая работа № 2. Определение максимальной приземной концентрации примеси и зоны ее рассеивания

Цель работы: изучить методику расчета максимальной приземной концентрации загрязняющих веществ (ЗВ); выполнить расчет максимальной концентрации примеси, расстояния и опасной скорости ветра от одиночного источника загрязнений с круглым сечением.

2.1 Теоретическая часть

Загрязнением атмосферы считается изменение ее состава в результате поступления газообразных, жидких и твердых примесей. За относительно чистый можно принимать такой воздух, в котором количество вредных примесей не превышает ПДК и который не оказывает существенного отрицательного влияния на растительные и животные организмы.

В настоящее время одна из основных мер предотвращения загрязнения атмосферы – строительство газоочистных сооружений и устройств. При этом каждое такое очистное сооружение характеризуется определенной степенью очистки газовой воздушной смеси (ГВС) от вредных веществ. Определение степени очистки ГВС (т. е. допустимой интенсивности выброса загрязняющего вещества) является важной производственной задачей.

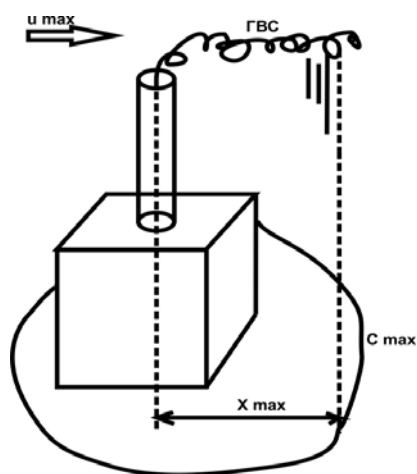


Рисунок 2.1 – Формирование поля загрязнения вокруг стационарного источника

Для решения этой задачи каждым предприятием осуществляется расчёт предельно допустимых выбросов (ПДВ) в атмосферу. При расчёте ПДВ определяется максимальная приземная концентрация загрязняющего вещества $C_{\max}$ и расстояние от трубы завода $X_{\max}$, на которой она будет наблюдаться (рисунок 2.1). Затем рассчитанные величины $C_{\max}$ сравниваются с ПДК. Если $C_{\max} > \text{ПДК}$, тогда в технологические характеристики выброса вносятся коррективы и выполняются мероприятия по снижению значения $C_{\max}$.

Расчет ПДВ базируется на следующих положениях:

- на рассеивание ЗВ 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 опасной скорости и направлении ветра, высокой температуре атмосферы) не должна превышать ПДК за границей санитарно-защитной зоны;

– приземная концентрация загрязняющих веществ зависит от параметров источника выброса и состава ГВС.

Разработанные ПДВ, нормативы выбросов утверждаются на срок от 1 до 7 лет в зависимости от категории воздействия объекта на окружающую среду.

Мероприятия по снижению значений $C_{\max}$ зависят от многих факторов и могут быть самыми разнообразными. Приведём некоторые из них:

- уменьшение массовых выбросов вещества M , г/с, путём установки новых или наладки существующих пылегазоулавливающих установок;
- увеличение высоты H , м, источников загрязнения атмосферы;
- увеличение скорости выхода ГВС ω_0 , м/с, из устья источника загрязнения атмосферы до проектной величины;
- корректировка размеров санитарно-защитных зон в соответствии с результатами расчётов рассеивания и др.

Расчёт максимальной концентрации вредного вещества $C_{\max}$ при выбросе ГВС из одиночного точечного источника с круглым устьем производится по формуле

$$C_{\max} = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \cdot (V_1 \cdot \Delta T)^{\frac{1}{3}}}, \quad (2.1)$$

где A – коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы. Для Беларуси и центральной части Европейской территории России $A = 140$;

M – масса ЗВ, выбрасываемого в атмосферу в единицу времени, мг/с;

F – безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания ЗВ в атмосферном воздухе. Для газообразных ЗВ и мелкодисперсных аэрозолей (пыли, золы и т. п.) $F = 1$;

m , n – коэффициенты, учитывающие условия выхода ГВС из источника выброса;

η – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности. Для равнинной либо слабопересечённой местности с перепадом высот не более 50 м на 1 км $\eta = 1$;

H – высота источника выброса над уровнем земли, м;

ΔT – разность между температурой газовой смеси T_1 и температурой окружающего воздуха T_2 , °С;

V_1 – расход ГВС, м³/с.

Расход ГВС определяется по формуле

$$V_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \omega_0, \quad (2.2)$$

где D – диаметр источника выброса, м;

ω_0 – средняя скорость выхода ГВС из устья источника выброса, м/с.

Разность между температурой ГВС и температурой окружающего воздуха определяется по формуле

$$\Delta T = T_1 - T_2. \quad (2.3)$$

Значения коэффициентов m и n определяются в зависимости от параметров f , v_m по формулам

$$f = 1000 \cdot \frac{\omega_0^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T}; \quad (2.4)$$

$$v_m = 0,65 \cdot \left(\frac{V_1 \cdot \Delta T}{H} \right)^{\frac{1}{3}}; \quad (2.5)$$

$$m = (0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{f} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{f})^{-1} \quad \text{при } f < 100; \quad (2.6)$$

$$n = 1 \quad \text{при } v_m \geq 2; \quad (2.7)$$

$$n = 0,532 \cdot v_m^2 - 2,13 \cdot v_m + 3,13 \quad \text{при } 0,5 \leq v_m < 2; \quad (2.8)$$

$$n = 4,4 \cdot v_m \quad \text{при } v_m < 0,5. \quad (2.9)$$

Расстояние $X_{\max}$, м, от источника выбросов, на котором приземная концентрация ЗВ достигает максимального значения $C_{\max}$, мг/м³, определяется по формуле

$$X_{\max} = \frac{5-F}{4} \cdot d \cdot H, \quad (2.10)$$

где d – безразмерный коэффициент, который находится по формулам

$$d = 2,48 \cdot (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f}) \quad \text{при } v_m \leq 0,5; \quad (2.11)$$

$$d = 4,95 \cdot v_m \cdot (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f}) \quad \text{при } 0,5 < v_m \leq 2; \quad (2.12)$$

$$d = 7 \cdot \sqrt{v_m} \cdot (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f}) \quad \text{при } v_m \geq 2. \quad (2.13)$$

В формулу расчёта $C_{\max}$ в скрытой форме входит скорость ветра. Ветер оказывает двоякое влияние на рассеивание примесей: чем больше скорость ветра, тем интенсивнее перемешивание атмосферы и тем интенсивнее распространяется ЗВ в окружающей среде; в то же время с увеличением скорости ветра уменьшается высота факела выброса над устьем трубы.

Значение опасной скорости ветра $u_{\max}$, м/с, при которой достигается максимальная приземная концентрация ЗВ $C_{\max}$, находят следующим образом:

$$u_{\max} = 0,5 \quad \text{при } v_m \leq 0,5; \quad (2.14)$$

$$u_{\max} = v_m \quad \text{при } 0,5 < v_m \leq 2; \quad (2.15)$$

$$u_{\max} = v_m \cdot (1 + 0,12 \cdot \sqrt{f}) \quad \text{при } v_m \geq 2. \quad (2.16)$$

Опасность загрязнения атмосферы оценивается показателем j , который рассчитывается по формуле

$$j = \frac{C_{\max}}{ПДК} \leq 1. \quad (2.17)$$

Если $j \geq 1$ по какому-либо из трех веществ, то для этого вещества необходимо рассчитать интенсивность выброса ГВС M , мг/с, при которой не будет существовать опасности загрязнения атмосферы, по формуле

$$M = \frac{ПДК \cdot H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}}{A \cdot F \cdot t \cdot n \cdot \eta}. \quad (2.18)$$

2.2 Практическая часть

Задача. Определите максимальную приземную концентрацию ЗВ $C_{\max}$, мг/м³, для трех веществ (по отдельности) при выбросе ГВС из одиночного точечного источника с круглым устьем. Сравните с ПДК. При необходимости рассчитайте интенсивность выброса, при которой не будет существовать опасности загрязнения атмосферы, по формуле (2.18). Определите расстояние $X_{\max}$, м, на котором $C_{\max}$ достигается, и опасную скорость ветра $u_{\max}$, м/с, при которой $C_{\max}$ возникает. Исходные данные для расчета находятся в таблице 2.1. По итогам расчета сделайте выводы об уровне загрязнения.

Примечание – $ПДК_{(SO_2)} = 0,5 \text{ мг/м}^3$; $ПДК_{(зола)} = 0,5 \text{ мг/м}^3$; $ПДК_{(NO_x)} = 0,085 \text{ мг/м}^3$.

Таблица 2.1 – Параметры выброса газовойоздушной смеси

Вариант	H , м	D , м	ω_0 , м/с	T_1 , °C	T_2 , °C	$M(SO_2)$, мг/с	$M(зола)$, мг/с	$M(NO_x)$, мг/с
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	30	1,4	8	125	25	12	15,5	15,2
2	25	1,0	12	100	27	10	14,5	3,8
3	28	1,5	15	80	29	30	70,6	12,1
4	18	0,7	16	90	31	25	15,0	1,0
5	15	0,8	21	130	25	16	14,0	4,6
6	23	0,9	16	230	27	21	34,0	3,2
7	28	1,0	12	160	29	6	62,0	5,8
8	32	1,5	9	125	32	15	18,9	7,8
9	20	1,2	10	135	29	42	14,1	10,2
10	24	1,5	14	215	25	19	27,2	11,4
11	25	1,7	9	210	30	18	34,5	2,0
12	30	2,0	6	180	29	5	56,7	2,2
13	23	1,3	11	150	26	16	59,4	12,8
14	19	1,0	14	165	28	7	62,1	14,4

Окончание таблицы 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
15	18	0,7	19	115	27	21	65,3	16,6
16	35	2,0	9	210	33	32	50,0	7,4
17	40	2,6	5	195	25	28	24,0	21,0
18	38	2,5	8	145	28	14	32,0	16,6
19	24	1,8	13	210	28	12	12,8	21,8
20	19	0,8	18	160	29	10	5,6	15,4
21	21	1,1	10	190	27	13	19,5	3,8
22	35	1,9	7	140	25	22	32	6,8

Контрольные вопросы

- 1 Назовите источники загрязнения атмосферы.
- 2 В чем состоит цель расчета ПДВ каждым предприятием?
- 3 На какой срок разрабатываются нормативы ПДВ и от чего это зависит?
- 4 Перечислите мероприятия по снижению максимальной концентрации ЗВ.

3 Практическая работа № 3. Оценка экономического ущерба от загрязнения окружающей среды

Цель работы: изучить методику и выполнить оценку эколого-экономического ущерба на основе эмпирического метода для одной из областей Республики Беларусь.

3.1 Теоретическая часть

Под *эколого-экономическим ущербом* понимают фактические и возможные убытки, причиняемые хозяйству и человеку в результате ухудшения качества окружающей среды, и дополнительные затраты на компенсацию этих убытков.

Эколого-экономический ущерб – это изменение полезности окружающей среды вследствие её загрязнения. Но эколого-экономический ущерб проявляется не только в недополученной продукции, но и в потере нематериальных ценностей – ухудшение здоровья человека, изменение возможностей развития и воспитания личности вследствие исчезновения привычного ландшафта и разрушений архитектурных и исторических памятников и т. д.

Эколого-экономическая оценка ущерба, нанесенного окружающей природной среде, заключается в определении фактических и возможных (предотвращаемых) материальных и финансовых потерь и убытков от ухудшения в результате антропогенного воздействия качественных и количественных параметров окружающей природной среды в целом и ее отдельных эколого-ресурсных компонентов (водные ресурсы, земельные ресурсы и др.).

Для количественной оценки эколого-экономического ущерба используют три основных метода:

- 1) метод прямого расчета, базирующейся на сравнении показателей загрязненного и условно чистого (контрольного) районов;
- 2) аналитический, основанный на получении математических зависимостей между показателями состояния соответствующей экономической системы и уровнем загрязнения окружающей среды;
- 3) эмпирический, суть которого заключается в том, что зависимость ущерба от уровня загрязнения, полученная на основе двух первых методов на отдельных объектах, обобщается и переносится на однородные исследуемые и объект.

Для оценки эколого-экономического ущерба для регионов чаще всего используется эмпирический метод. Рассмотрим основные особенности метода. Общий ущерб от загрязнения окружающей среды в рамках данного подхода рассчитывается по формуле

$$U = U_a + U_v + U_n, \quad (3.1)$$

где U – общий ущерб от загрязнения окружающей среды, р.;
 U_a – ущерб от загрязнения атмосферного воздуха, р.;
 U_v – ущерб от загрязнения водных объектов, р.;
 U_n – ущерб от загрязнения и истощения почв, р.

Ущерб от загрязнения атмосферного воздуха и водных объектов.

Идея эмпирического метода для расчета ущерба от загрязнения атмосферного воздуха и водных объектов состоит в том, что сначала все вредные вещества, выбрасываемые в атмосферный воздух или водные объекты, приводятся к монозагрязнителю, нельзя напрямую сложить 500 кг ртути и 500 кг диоксида серы. Для этого вводится весовой коэффициент A_i , учитывающий, во сколько раз одно вредное вещество опаснее другого. Выражение $A_i \cdot m_i$ называется приведенной массой выбросов. Приведенная масса измеряется в условных тоннах.

Кроме приведения к монозагрязнителю, в эмпирическом подходе используется коэффициент относительной опасности загрязнения территории σ , который учитывает особенности и социальную значимость территории, т. к. способность окружающей среды к самоочищению во многом определяется ее географическим положением и особенностями функционирования экосистем.

Расчет годовых величин экономического ущерба от загрязнения атмосферного воздуха и водных объектов производится по формуле

$$U_{a(v)} = \gamma \cdot \sigma \cdot \sum_{i=1}^n A_i \cdot m_i, \quad (3.2)$$

где U_a – ущерб от загрязнения атмосферного воздуха, р.;
 U_v – ущерб от загрязнения водных объектов, р.;
 γ – удельный ущерб от единицы выбросов, р./усл. т;
 σ – коэффициент, учитывающий региональные особенности территории, подверженной вредному воздействию, и связанный с относительной опасно-

стью её загрязнения;

A_i – коэффициент приведения примеси к монозагрязнителю, усл. т/т (таблицы 3.1 и 3.2);

m_i – масса выброса i -го вида примеси, т;

n – количество вредных веществ.

Удельный ущерб γ от единицы выбросов (сбросов) принимается равным базовому нормативу платы за выброс (сброс) 1 т ЗВ в пределах установленных лимитов с применением коэффициента индексации и повышающего коэффициента 5 и определяется по формуле

$$\gamma = 5 n_{\sigma} k, \quad (3.3)$$

где n_{σ} – базовый норматив платы за выброс (сброс) ЗВ в пределах установленного лимита, р./т;

k – коэффициент, учитывающий изменение цен (таблица 3.3).

При наличии в регионе различных типов территорий рассчитывается коэффициент σ , учитывающий региональные особенности. Коэффициент σ может рассчитываться как средневзвешенное значение коэффициентов относительной опасности для территорий различных типов x_i по формуле

$$\sigma = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \cdot \sigma_i}{100}, \quad (3.4)$$

где σ – средневзвешенное значение коэффициента относительной опасности загрязнения территории;

x_i – доля i -го участка территории (таблица 3.4), %;

σ_i – коэффициент относительной опасности загрязнения i -го участка территории (таблица 3.5).

Таблица 3.1 – Приведенная масса выбросов в атмосферный воздух

Наименование ЗВ	Масса выброса m , т	Коэффициент приведения A , усл. т/т	Приведенная масса выброса, усл. т
CO		1	
NO ₂		41,1	
SO ₂		22	
C _x H _y		3,16	
Сажа		1,5	
Итого			

Масса выбросов загрязняющих веществ m_i , т, поступающих в атмосферу, представлена в таблице 3.6.

При расчете экономического ущерба от загрязнения водных объектов $U_{\text{в}}$ значение коэффициента σ для водных объектов представлено в таблице 3.7, а масса сбрасываемых в реки загрязняющих веществ m_i , т, – в таблице 3.8.

Таблица 3.2 – Приведенная масса сбросов в водные объекты

Наименование ЗВ	Масса выброса m , т	Коэффициент приведения A , усл. т/т	Приведенная масса выброса, усл. т
Органические вещества по БПК ₅		1	
Азот аммонийный		0,2	
Фосфаты		2,0	
Нитраты		12,5	
Нефтепродукты		15	
СПАВ		5	
Итого			

Таблица 3.3 – Коэффициент, учитывающий изменение цен

Год	2019	2020	2021	2022
Индекс изменения цен	1,0	1,1	1,2	1,3

Таблица 3.4 – Структура типов земель по областям Беларуси

В процентах

Категория земель	Область					
	Брестская	Витебская	Гомельская	Гродненская	Минская	Могилевская
Сельскохозяйственные земли	42,3	36,6	32,7	49	46,2	44,2
Лесные земли	28	38	46,2	27,8	32,3	38,0
Земли под древесно-кустарниковой растительностью	2,8	7,3	2,8	2,4	2,4	5,0
Земли под болотами	4,2	2,0	2,3	1,7	0,8	2,9
Особо охраняемые природные территории	14,4	9,5	7,4	10,1	9,3	3,0
Земли под водными объектами	1,2	1,5	1,4	1,3	2,0	1,2
Земли под населенными пунктами	1,9	1,3	1,6	1,8	2,0	1,7
Земли под дорогами, иными транспортными коммуникациями и земли общего пользования	2,7	2,1	2,5	2,5	2,9	2,3
Неиспользуемые, нарушенные и иные земли	2,5	1,7	3,1	3,4	2,1	1,7

Таблица 3.5 – Значения показателя относительной опасности загрязнения атмосферного воздуха над территориями различных типов σ

Тип загрязняемой территории	Значение σ
Курорты, санатории, особо охраняемые природные территории	10
Земли населенных пунктов	8
Земли общего пользования и транспортных коммуникаций	4
Леса	0,2

Окончание таблицы 3.5

Тип загрязняемой территории	Значение σ
Древесно-кустарниковая растительность	0,1
Сельскохозяйственные земли	0,15
Земли под болотами	0,2
Земли под водными объектами	0,1
Прочие земли	0,1

Таблица 3.6 – Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу

В тысячах тонн

Год	Область	CO	NO ₂	SO ₂	C _x H _y	Сажа
2019	Брестская	77,4	14,0	0,0	26,4	4,3
	Витебская	55,9	10,7	0,0	18,8	3,1
	Гомельская	60,3	11,6	0,0	21,1	3,6
	Гродненская	60,2	12,3	0,0	20,1	3,1
	Минская	116,9	17,5	0,1	35,5	4,4
	Могилевская	45,5	7,6	0,0	14,1	2,1
2020	Брестская	69,9	13,5	0,0	24,4	4,0
	Витебская	50,4	9,2	0,0	17,0	3,0
	Гомельская	56,0	11,0	0,0	19,8	3,5
	Гродненская	55,0	11,2	0,0	18,4	2,9
	Минская	113,4	17,4	0,1	34,6	4,4
	Могилевская	45,1	7,6	0,0	14,6	2,1
2021	Брестская	69,8	13,1	0,0	24,7	4,1
	Витебская	58,0	10,9	0,0	18,1	3,0
	Гомельская	57,6	11,7	0,0	21,8	3,8
	Гродненская	53,8	11,9	0,0	20,6	3,3
	Минская	117,0	18,2	0,1	35,9	4,6
	Могилевская	46,0	8,0	0,0	16,0	2,2
2022	Брестская	70,2	13,3	0,0	25,1	4,2
	Витебская	54,6	10,0	0,0	18,5	3,1
	Гомельская	56,0	11,6	0,0	20,9	3,7
	Гродненская	54,8	12,0	0,0	20,1	3,2
	Минская	118,7	19,2	0,0	35,5	4,7
	Могилевская	49,2	7,8	0,0	15,4	2,3

Таблица 3.7 – Значения показателя относительной опасности загрязнения для речных бассейнов Беларуси

Наименование реки	Значение σ
Западная Двина	1,4
Неман	1,3
Днепр	2,2
Припять	1,4
Березина	2,0
Свислочь	1,52
Сож	2,0
Западный Буг	1,4

Таблица 3.8 – Сбросы загрязняющих веществ в бассейны рек Беларуси

Год	Бассейн реки	Органические вещества по БПК ₅ , т	Аммоний-ион, т	Фосфат-ион, т	Нитрат-ион, т	Нефтепродукты, т	СПАВ, т
2019	Зап. Двина	2994	317	69	4029	12,4	24,8
	Неман	2183	236	51	5057	22,6	26,7
	Зап. Буг	5510	684	266	3210	43,7	85,5
	Днепр	3074	371	106	4685	53,0	23,3
	Сож	2116	244	50	2578	33,1	34,5
	Березина	5312	1111	202	10544	45,1	109,0
	Свислочь	1994	223	29	2966	50,4	43,2
	Припять	4593	643	104	4384	43,5	69,6
2020	Зап. Двина	2945	356	54	2794	13,2	23,2
	Неман	1541	276	57	6624	24,1	33,3
	Зап. Буг	4075	1170	312	3480	42,9	105,3
	Днепр	2400	355	86	4464	26,8	24,9
	Сож	1792	238	56	2695	8,4	68,6
	Березина	4643	925	148	8436	38,2	110,3
	Свислочь	1807	276	41	3360	35,2	69,0
	Припять	4267	554	84	5208	45,4	83,8
2021	Зап. Двина	3113	305	55	2835	14,0	22,2
	Неман	2462	216	57	5198	22,8	35,3
	Зап. Буг	3423	700	260	6291	29,3	88,4
	Днепр	2565	294	85	4550	20,8	23,9
	Сож	1536	185	51	2809	44,8	52,2
	Березина	4526	730	131	7694	63,0	101,9
	Свислочь	1472	275	44	3372	43,4	64,7
	Припять	4050	567	81	4098	38,4	109,3
2022	Зап. Двина	3186	317	90	4243	15,8	21,9
	Неман	2835	216	67	6736	31,1	35,8
	Зап. Буг	4781	869	310	3372	41,4	89,0
	Днепр	3287	387	100	5512	25,0	31,2
	Сож	2000	216	56	3144	48,0	56,4
	Березина	5931	827	158	9636	72,8	88,5
	Свислочь	2192	352	56	5104	52,2	79,2
	Припять	5203	752	129	5353	44,6	102,1

Ущерб от загрязнения и истощения почв

Экономическая оценка ущерба от загрязнения и истощения почв рассчитывается по формуле

$$Y_n = Y_1 + Y_2 + Y_3, \quad (3.5)$$

где Y_n – экономический ущерб от деградации и загрязнения почв, р.;

Y_1 – экономический ущерб от деградации почв, р.;

Y_2 – экономический ущерб от загрязнения почв химическими веществами на полигонах промышленных и коммунальных отходов, р.;

Y_3 – экономический ущерб от размещения отходов на полигонах, р.

Экономическая оценка ущерба от деградации почв производится по формуле

$$Y_1 = H_c \cdot S \cdot K_э \cdot k, \quad (3.6)$$

где H_c – норматив стоимости земель (таблица 3.9), р./га;

S – площадь деградировавших земель (таблица 3.10), га;

$K_э$ – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости территории (таблица 3.11);

k – коэффициент, учитывающий рост цен, определяется по таблице 3.3.

Экономическая оценка ущерба от загрязнения почв химическими веществами на полигонах промышленных и коммунальных отходов проводится по формуле

$$Y_2 = H_c \cdot S \cdot K_э \cdot K_{хим}, \quad (3.7)$$

где H_c – норматив стоимости земель (см. таблицу 3.9), р./га;

S – площадь земель под полигонами промышленных и коммунальных отходов (таблица 3.12), га;

$K_э$ – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости территории (см. таблицу 3.11);

k – коэффициент, учитывающий рост цен, определяется по таблице 3.3;

$K_{хим}$ – повышающий коэффициент при загрязнении земель несколькими химическими веществами, $K_{хим} = 1,43$.

Экономическая оценка ущерба от размещения отходов на полигонах определяется как затраты на складирование и переработку твердых отходов и рассчитывается по формуле

$$Y_3 = H_c \cdot m \cdot K_э \cdot K_o \cdot k, \quad (3.8)$$

где H_c – норматив платы за размещение 1 т отходов на полигоне, р./га;

m – масса удаленных отходов за отчетный период времени (таблица 3.13), т;

k – коэффициент, учитывающий рост цен, определяется по таблице 3.3;

$K_э$ – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости территории (см. таблицу 3.11);

K_o – коэффициент, учитывающий степень опасности отходов, для обобщенной оценки принимается равным 1.

Оценка экономического ущерба может проводиться для недр, биологических ресурсов, физических факторов загрязнения окружающей среды и включаться в оценку суммарного экономического ущерба от загрязнения окружающей среды.

Таблица 3.9 – Нормативная стоимость земель сельскохозяйственного назначения

Область	Стоимость земель, р./га
Брестская	528
Витебская	295
Гомельская	406
Гродненская	693
Минская	652
Могилевская	494

Таблица 3.10 – Площадь деградированных земель по областям

В тысячах гектар

Область	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.
Брестская	4,7	3,9	3,5	3,6
Витебская	4,6	4,9	5,2	5,3
Гомельская	2,9	3,2	3,2	3,4
Гродненская	4,6	4,5	4,0	4,2
Минская	6,0	6,1	6,7	6,8
Могилевская	2,6	2,5	2,7	2,8

Таблица 3.11 – Коэффициент экологической ситуации и экологической значимости территории

Область	Коэффициент экологической ситуации и экологической значимости территории
Брестская	2,8
Витебская	1,65
Гомельская	2,95
Гродненская	3,5
Минская	3,35
Могилевская	1,8

Таблица 3.12 – Общая площадь полигонов промышленных и бытовых отходов по областям Беларуси

Область	Полигон для размещения промышленных отходов		Полигон для размещения коммунальных отходов	
	Количество	Общая площадь, га	Количество	Общая площадь, га
Брестская	9	88,3	27	161,1
Витебская	12	101,3	27	127,4
Гомельская	16	569,2	25	156,2
Гродненская	8	28,79	21	125,1
Минская	13	1462,6	38	231,6
Могилевская	10	128,4	19	83,3

3.2 Практическая часть

Задача. Определите суммарный экономический ущерб в результате хозяйственной деятельности для одной из областей Беларуси за год. Исходные данные для расчета приведены в таблицах 3.3–3.13.

Таблица 3.13 – Удаление промышленных и коммунальных отходов по областям Беларуси

В тысячах тонн

Область	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.
Промышленные отходы				
Брестская	180	130	129	118
Витебская	162	89	113	92
Гомельская	1630	1549	1420	1028
Гродненская	993	506	459	404

Окончание таблицы 3.13

Область	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.
Минская	38991	39742	41983	23554
Могилевская	753	753	441	422
Твердые коммунальные отходы				
Брестская	385	395	390	392
Витебская	354	420	415	412
Гомельская	456	458	460	463
Гродненская	359	322	336	340
Минская	1021	1092	1086	1090
Могилевская	358	366	360	362

Методические указания к выполнению задачи

1 Рассчитать ущерб от загрязнения атмосферного воздуха:

- определить удельный ущерб от единицы выбросов по формуле (3.3).

Базовый норматив платы за выброс 1 т ЗВ принять 318 р.;

- определить коэффициент относительной опасности загрязнения для области по формуле (3.4);

– рассчитать приведенную массу выбросов. Результаты расчетов представить в виде таблицы 3.1. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу приведены в таблице 3.6;

- определить ущерб по формуле (3.2).

2 Рассчитать ущерб от загрязнения водных объектов:

- определить удельный ущерб от единицы выбросов по формуле (3.3).

Базовый норматив платы за сброс 1 т ЗВ принять 312 р.;

- принять коэффициент относительной опасности загрязнения по бассейну реки (см. таблицу 3.7);

– рассчитать приведенную массу выбросов. Результаты расчетов представить в виде таблицы 3.2. Сбросы загрязняющих веществ по бассейнам рек представлены в таблице 3.8;

- определить ущерб по формуле (3.2).

3 Рассчитать ущерб от деградации и загрязнения земель, используя формулы (3.5)–(3.8) и таблицы 3.9–3.13. Норматив платы за размещение 1 т отходов на полигоне принять 113 р.

4 Рассчитать суммарный ущерб от загрязнения окружающей среды по формуле (3.1).

5 Сделать выводы.

Контрольные вопросы

1 Что понимается под эколого-экономическим ущербом?

2 Какие методы оценки эколого-экономического ущерба существуют?

4 Практическая работа № 4. Измерение удельной активности радионуклидов в продуктах питания

Цель работы: изучить понятие активности радионуклидов и ее разновидности; научиться измерять удельную активность радионуклидов в продуктах питания с помощью прибора РКСБ-104 и с помощью гамма-спектрометрического комплекса «Прогресс-5».

4.1 Теоретическая часть

Ионизирующее излучение (ИИ) – это излучение, взаимодействие которого со средой приводит к образованию в этой среде ионов разных знаков и свободных радикалов. Согласно современной теории, существует два вида излучений:

- 1) волновое (квантовое);
- 2) корпускулярное.

Радиоактивностью называется самопроизвольное превращение неустойчивых изотопов одного химического элемента в изотоп другого элемента, сопровождающееся испусканием элементарных частиц или ядер.

Исследования радиоактивного излучения показали, что оно имеет сложный состав и содержит три вида лучей – α , β , γ .

Каждое радиоактивное вещество распадается с определенной интенсивностью. Количественная характеристика процессов распада радионуклидов – это активность A .

Активность радионуклидов – это количество ядер радионуклидов, которые распадаются за единицу времени. Единицей активности радионуклидов в Международной системе единиц является *беккерель*. 1 Бк – это такая активность радиоактивного вещества, при которой за 1 с происходит одно самопроизвольное ядерное превращение, $1 \text{ Бк} = 1 \text{ расп./с}$.

Внесистемная единица активности – *кюри*. Значению 1 Ки приблизительно соответствует активность 1 г чистого радия, в котором за 1 с распадается 37 млрд или $3,7 \cdot 10^{10}$ ядер.

Между кюри и беккерелем существует следующее соответствие:

$$1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ расп./с} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}; \quad 1 \text{ Бк} = 1 \text{ расп./с} = 2,7 \cdot 10^{-11} \text{ Ки}.$$

Для оценки радиационной безопасности часто необходимо определить не только активность радиоактивного вещества, но и его концентрацию в воде, воздухе, продуктах питания, а также зараженность поверхности земли.

Активность объёмная $A_{об}$, Бк/л (Ки/л) – отношение активности A радионуклида, содержащегося в образце, к его объёму V ($A_{об} = A / V$).

Пример – Допустимый уровень объёмной активности цезия-137 в молоке составляет 100 Бк/л.

Активность удельная $A_{уд}$, Бк/кг (Ки/кг) – отношение активности A радионуклида, содержащегося в образце, к массе образца M ($A_{уд} = A / M$).

Пример – Допустимый уровень удельной активности цезия-137 в картофеле составляет 80 Бк/кг.

Активность поверхностная $A_{\text{пов}}$, Бк/м² (Ки/км²) – отношение активности A радионуклида, содержащегося на поверхности, к ее площади S ($A_{\text{пов}} = A / S$).

Пример – Зона с правом на отселение включает территории, уровень поверхностного загрязнения которых цезием-137 составляет 185...555 кБк/м² (или 5...15 Ки/км²).

Начиная с 1987 г. и по настоящее время радиационная обстановка в Беларуси определяется долгоживущими радионуклидами: ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr, ²³⁸, ²³⁹, ²⁴⁰Pu и ²⁴¹Am. Из перечисленного списка большее облучение человека осуществляет цезий-137 (¹³⁷Cs), которым было загрязнено около 23 % территории Республики Беларусь. На пахотных землях основной запас техногенных радионуклидов сосредоточен в 20...30 см слое почвы. Из почвы радионуклиды поступают в растения и по пищевым цепочкам животным и человеку. Их можно обнаружить в продукции растениеводства (зерне, картофеле, овощах и фруктах) и животноводства (мясе, молоке и молочных продуктах).

В лесу активно накапливают радионуклиды грибы и ягоды (клюква, черника, брусника, голубика). В зависимости от видовой принадлежности грибы характеризуются неодинаковым накоплением радионуклидов.

1 Грибы-аккумуляторы – польский гриб, моховик желто-бурый, рыжик, масленок осенний, козляк, колпак кольчатый. Сбирать эти грибы допускается только в лесах с плотностью загрязнения до 37 кБк/м² (1 Ки/км²).

2 Грибы, сильно накапливающие радионуклиды, – подгруздок черный, лисичка желтая, волнушка розовая, груздь черный, зеленка, подберезовик. Сбор разрешен при плотности загрязнения до 37 кБк/м² (1 Ки/км²).

3 Грибы, средне накапливающие радионуклиды, – опенок осенний, белый гриб, подосиновик, подзеленка, сыроежка обыкновенная. Заготовку можно проводить в лесах с плотностью загрязнения до 74 кБк/м² (2 Ки/км²).

4 Грибы, слабо накапливающие радионуклиды радионуклиды, – строчок обыкновенный, рядовка фиолетовая, шампиньон, дождевик шиповатый, сыроежка цельная и буреющая, зонтик пестрый, опенок зимний, вешенка.

При посещении лесных массивов следует обращать внимание на указатели радиационной опасности, которые выставляются на въездах в потенциально опасные кварталы леса. Чтобы быть полностью уверенными в безопасности даров леса, обязательно надо проверить в центре гигиены и эпидемиологии собранные грибы и ягоды на содержание радионуклидов.

4.2 Измерения удельной активности радионуклидов в пробах продуктов питания и воды на приборе РКСБ-104

Описание общего вида прибора приведено на рисунке 4.1. Для выполнения измерений необходимо выполнить следующие операции.

1 Снять крышку-фильтр 4.

2 Перевести движки кодового переключателя S4 в положения, показанные на рисунке 4.1.

3 Установить органы управления прибора: тумблер S2 – в верхнее («РАБ»), а S3 – в нижнее («× 0,001 × 0,001 × 20») положения.

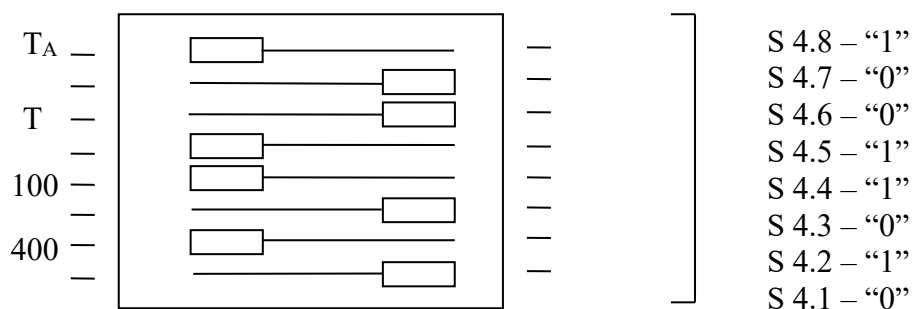


Рисунок 4.1 – Положения движков кодового переключателя S4

4 Заполнить измерительную кювету заведомо чистой в радиационном отношении водой до метки внутри кюветы и установить прибор на кювету (прибор $\perp$ кювете) (крышка открыта).

5 Включить прибор тумблером S1, переведя его в положение «Вкл».

Снять пять отсчетов показаний прибора, соответствующих его собственному фону ($A_{\phi 1}, A_{\phi 2}, A_{\phi 3}, A_{\phi 4}, A_{\phi 5}$), и записать их.

Результаты измерений свести в таблицу 4.1.

Для уменьшения общего времени измерения после снятия очередного отсчета показаний производить кратковременное выключение и новое включение прибора. После снятия всех отсчетов выключить прибор.

6 Рассчитать среднее арифметическое значение фоновых показаний A_{ϕ} .

7 Вылить воду из кюветы, просушить ее и заполнить исследуемым веществом до метки.

8 Вновь установить прибор на кювету и включить его. Снять пять отсчетов показаний прибора (A_1, A_2, A_3, A_4, A_5) и записать их в таблицу 4.1.

Таблица 4.2 – Результаты измерений и вычислений удельной активности A_m

$A_{изм.ф}$ (по воде)	$A_{изм.ф. ср}$	$A_{изм.пр}$ (исследуемое вещество)	$A_{изм.пр. ср}$	A_m расчетн, Бк/кг	A_m норм, Бк/кг

Рассчитать среднее арифметическое значение показаний прибора $A_{изм}$.

9 Рассчитать по формуле величину A_m – удельной активности радионуклида цезий-137 в веществе (в беккерелях на килограмм):

$$A_m = K_2 (A_{изм} - A_{\phi}), \quad (4.1)$$

где K_2 – пересчетный коэффициент, равный 20.

Пример – Фоновые показания прибора равны: 190; 214; 256; 221 и 235 (значащие части четырехразрядных чисел 0190; 0214; 0256; 0221; 0235).

Среднее значение фона

$$A_{\phi} = (190 + 214 + 256 + 221 + 235) / 5 = 223,2.$$

Показания прибора при исследовании пробы 428; 412; 392; 404; 398 (значащие части 4-разрядных чисел 0428; 0412; 0392; 0404; 0398).

Среднее арифметическое этих показаний

$$A_{изм} = (428 + 412 + 392 + 404 + 398) / 5 = 406,8.$$

Удельная активность пробы в беккерелях на килограмм

$$A_m = 20 (406,8 - 223,2) = 3672 \text{ Бк/кг}.$$

10 При переполнении табло счетной информацией, когда на нем индицируются четырехразрядные числа, превышающие 9999, а перед числом появляется символ «÷» (например, индицируется число «÷0132»), измерения удельной активности надо повторить при верхнем положении тумблера 3. В этом случае при расчете величины удельной активности радионуклида цезий-137 значение K_2 принимается равным 200.

11 Результаты, полученные с помощью приборов РКСБ-104, сравнить с РДУ-2001 (таблица 4.2), сделать выводы.

Таблица 4.2 – Республиканские допустимые уровни содержания радионуклидов цезия в пищевых продуктах и питьевой воде (РДУ-2001)

Наименование продукта	РДУ-2001, Бк/кг, Бк/л, для цезия-137
Вода питьевая	10
Молоко и цельномолочная продукция	100
Молоко сгущенное и концентрированное	200
Творог и творожные изделия	50
Сыры	50
Масло коровье	100
Мясо и мясные продукты, в том числе:	
говядина, баранина и продукты из них	500
свинина, птица и продукты из них	180
Картофель	80
Хлеб и хлебобулочные изделия	40
Мука, крупы	60
Сахар	60
Жиры растительные	40
Жиры животные и маргарин	100
Овощи и корнеплоды	100
Фрукты	40
Садовые ягоды	70
Консервированные овощи, фрукты и ягоды сада	74
Дикорастущие ягоды и продукты из них	185
Грибы свежие	370
Грибы сушеные	2500
Специализированные продукты детского питания	37
Прочие продукты питания	370

4.3 Измерение удельной активности радионуклидов в продуктах питания на гамма-спектрометрическом комплексе «Прогресс-5»

Гамма-спектрометр представляет собой стационарную установку со сцинтилляционным блоком детектирования, ПЭВМ с программным обеспечением «Прогресс» для управления всеми режимами работы на всех этапах выполнения измерений, обработки результатов и их протоколирования. Принцип действия гамма-спектрометра заключается в получении аппаратного спектра импульсов от детектора, регистрирующего излучение счетного образца, экспонируемого в фиксированных условиях измерения. Активность радионуклида в исследуемой пробе определяется путем обработки полученной спектрограммы.

Минимально измеряемая активность в пробе в геометрии сосуда Мари-нелли объемом 1 л: для ^{137}Cs – 3 Бк/кг; ^{226}Ra и ^{232}Th – 8 Бк/кг; ^{40}K – 40 Бк/кг. Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерений активности пробы $\pm 10\%$.

Последовательность выполнения работы.

1 Включите питание компьютера и детектора.

2 Прогрейте аппаратуру в течение 5 мин.

3 Запустите программу «Прогресс-5».

Для управления программой используйте элементы меню *Имя_Устройства*, , , , , , .

Имя Устройства – выбор устройства из списка устройств.

 – ручное управление состоянием набора – пуск, стоп, очистка спектра. Если Вы пользуетесь диспетчером задач , то управление набором спектра программа выполняет автоматически.

 – меню файл позволяет выбрать источник данных, открыть, сохранить или обработать спектр.

 – меню со списком задач устройства (диспетчер задач). Используется для запуска энергетической калибровки, измерений фона, активности и т. д.

 – отображает на экране базу данных с результатами измерений и позволяет выводить их на печать в виде отчетов.

 – настройка программы. Позволяет изменять стили оформления, режимы отображения спектра и другие параметры программы.

4 Выберите устройство Гамма-спектрометр из списка устройств. Проведите калибровку по энергии. Энергетическую калибровку необходимо проводить несколько раз в день. Калибровка выполняется при помощи источника $^{137}\text{Cs} + ^{40}\text{K}$, который входит в состав гамма-спектрометрической установки.

Энергетическая калибровка используется для проверки стабильности оборудования и коррекции параметров программы по результатам измерения.

5 Проведите измерение фона. Порядок выполнения – в соответствии с инструкцией.

6 Подготовьте счетный образец к измерению. Измерение активности гамма-излучающих радионуклидов можно проводить в нативных образцах. Из пробы должен быть приготовлен счетный образец таким образом, чтобы материал пробы равномерно заполнил объем измерительной кюветы до определенной от-

метки. В качестве измерительных кювет используем сосуд Маринелли 1 л.

На весах взвешивается сосуд Маринели, а затем сосуд Маринели, наполненный счетным образцом. По разности в весе определяется масса образца.

7 Из списка задач  выберите задачу «Измерение активности».

8 В окне задачи заполните поля данными о пробе, счетном образце и режиме измерения. Укажите код пробы. Чтобы избежать путаницы в базе данных, каждой новой пробе присваивайте отдельный код.

Укажите массу образца (без массы сосуда). Выберите рабочую библиотеку (поле р/н состав). Рабочая библиотека представляет собой список радионуклидов, которые априори могут присутствовать в счетном образце. Если Вы проводите измерения пробы внешней среды, используйте библиотеку « ^{137}Cs и ЕРН».

9 Поместите счетный образец на детектор. Закройте крышку защиты. Нажмите клавишу [Продолжить].

Результаты измерения представляют собой удельную активность в исходной (нативной) пробе. В таблицу результатов выводится также и значение неопределенности измерений (2σ) для доверительной вероятности 0,95.

Если в меню  включен режим автоматического сохранения, программа периодически сохраняет спектр и результаты измерений в базе данных.

В процессе измерения программа рисует поверх измеренного спектра сумму фоновых спектров образов от радионуклидов рабочей библиотеки.

10 Результаты измерений и измеренные спектры сохраняются в базе данных. Для сохранения спектра в базе данных необходимо выбрать пункт меню  – <Сохранить в журнале> или включить режим автоматического сохранения результатов в меню настроек .

Оформление отчета о результатах исследований.

Результаты проведенных измерений удельной активности образцов и статистической погрешности запишите в таблицу 4.3. Сделайте выводы о соответствии проб продуктов питания нормативным требованиям, указанным в Республиканских допустимых уровнях (РДУ).

Таблица 4.3 – Результаты измерений удельной активности образцов

Вид образца	Масса образца	Удельная активность образца, Бк/кг	Погрешность измерений, $\pm$ Бк/кг	РДУ (в продуктах питания), Бк/кг

Контрольные вопросы

- 1 Назовите единицы измерения активности радионуклидов.
- 2 Понятие удельной, объемной и поверхностной активности радионуклидов и единицы измерения.
- 3 В чем заключается пробоподготовка образцов?

5 Практическая работа № 5. Полигоны захоронения отходов и их воздействие на окружающую среду

Цель работы: спроектировать полигон твердых бытовых отходов и оценить его влияние на окружающую среду.

5.1 Теоретическая часть

В последнее время становится все менее приемлемой действующая на протяжении всей человеческой истории линейная схема: добыча – переработка (производство) – употребление – пополнение отходов. Под отходы отчуждаются пахотные земли, а также ухудшается состояние нашей среды обитания.

Известны следующие подходы к твердым бытовым отходам (ТБО):

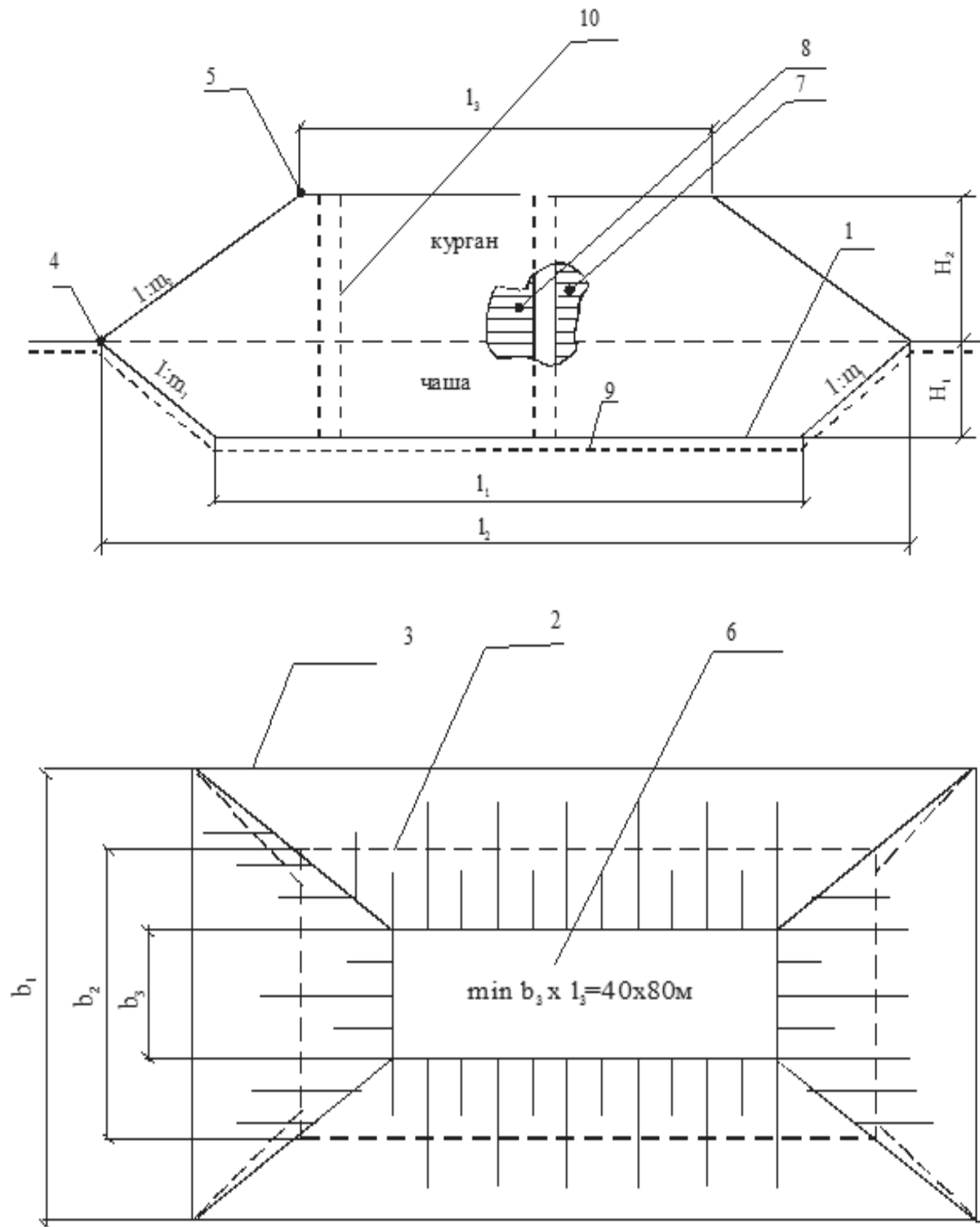
- стихийное складирование на открытых свалках (необорудованные);
- организованные свалки (формирование больших объемов без утилизации газов и стока);
- полигоны ТБО с утилизацией биогаза (анаэробная деструкция органики с выделением метана);
- компостирование (биохимический процесс обезвоживания);
- глубокое прессование твердого компонента в кипы при давлении до 80 МПа (на Минском мусороперерабатывающем заводе);
- пиролиз (нагрев и сжигание при $t = 600\text{ }^{\circ}\text{C} \dots 800\text{ }^{\circ}\text{C}$ высокотоксичных отходов);
- рисайклинг – рационализированная система сбора и переработки компонентов ТБО в продукты, имеющие потребительскую стоимость. Ежегодно в Республике Беларусь образуется примерно 40...50 млн т твердых промышленных и бытовых отходов. Около 30 % из них перерабатывается, а основная часть утилизируется.

Устройство и возведение полигона ТБО.

Полигоны захоронения ТБО являются специальными природоохранительными сооружениями, предназначенными для сбора, хранения и обезвреживания отходов. Они также должны обеспечивать высокую степень экологической безопасности для окружающей среды. На полигонах ТБО утилизируются отходы от служб коммунального хозяйства, предприятий торговли, питания, некоторые виды промышленных отходов, не обладающие токсичными или радиоактивными свойствами, а также строительный и уличный мусор.

В состав сооружений полигона ТБО входят чаша и курган (рисунок 5.1).

Чаша представляет собой выемку с изолирующим экраном для защиты грунтовой среды от фильтратной жидкости. Глубина выемки H_1 и высота кургана H_2 рассчитываются исходя из предполагаемого объема накопления отходов в течение 15–25 лет, а на расчетный период 15 лет – приводятся в таблице 5.1.



1 – дно скважины; 2 – нижний периметр (контур) чаши; 3 – верхний контур чаши (нижний периметр кургана); 4 – бровка откоса чаши (подошва откоса кургана); 5 – бровка откоса кургана; 6 – верхняя площадка; 7 – рабочий пласт ТОО мощностью 2 м; 8 – изоляционный слой грунта толщиной 0,25 м; 9 – водопроницаемый экран; 10 – колодец сбора биогаза; l – длина полигона; b – ширина

Рисунок 5.1 – Схема полигона ТБО

Таблица 5.1 – Ориентировочные значения величин площади участка складирования

В гектарах

Количество проживающих, тыс. чел.	Высота складирования отходов, м					
	12	20	25	35	45	60
50	6,5	4,5...5,5	–	–	–	–
100	12,5	8,5	6,5...7,5	–	–	–
250	31,0	21,0	16,0	11,5	–	–
500	61,0	41,0	31,0	23,0	16,5...20	–
750	91,0	61,0	46,0	34,0	26,0	–
1000	121,0	81,0	61,0	45,0	35,0	27,0...31,0

Высота откоса H_1 при устройстве строительного котлована под будущую чашу определяется по методу круглоцилиндрических поверхностей скольжения для заданного коэффициента устойчивости η (формула проф. Г. И. Тер-Степаяна – проф. М. Н. Гольдштейна):

$$\eta = f \cdot A + \left[\frac{c}{\gamma H_1} \right] B, \quad (5.1)$$

где f – коэффициент внутреннего трения, $f = \operatorname{tg} \varphi$;

φ – угол внутреннего трения грунта основания, град;

c – удельное сцепление, кПа;

γ – собственный вес грунта, кН/м³;

A, B – коэффициенты, зависящие от геометрических размеров сползающего клина, при условии прохождения поверхности скольжения через подошву откоса (принимаются по таблице 5.2).

Таблица 5.2 – Коэффициенты, зависящие от геометрических размеров сползающего клина

Коэффициент	Заложение откоса, 1: m_1								
	1:1	1:1,25	1:1,5	1:1,75	1:2	1:2,25	1:2,5	1:2,75	1:3
A	2,37	2,64	2,64	2,87	3,23	3,19	3,53	3,59	3,59
B	5,79	6,05	6,50	6,58	6,70	7,27	7,30	8,02	8,91

Исходя из формулы (5.1), высота откоса H_1 котлована при принятом значении величины η вычисляется следующим образом:

$$H_1 = \frac{c \cdot B}{\gamma (\eta - f \cdot A)}. \quad (5.2)$$

Контуры кургана назначаются исходя из рекомендуемого заложения его откосов $m_2 = 1:3 \dots 1:4$.

Высота складирования H_2 , м, определяется исходя из условия заложения внешних откосов 1: m_2 и необходимости иметь размеры верхней площадки

не менее 40×80 м для обеспечения работы мусоровозов и бульдозеров. Каждый пласт ТБО имеет мощность 2 м, а на него укладывают изоляционный грунтовый слой толщиной 0,25 м.

Расчет вместимости полигона и объема отходов.

1 В соответствии с заданным количеством жителей города и пользуясь данными таблицы 5.1, определяем площадь S , га, участка прямоугольной формы. Принято считать, что наиболее экономичны земельные участки, близкие по форме к прямоугольнику с соотношением сторон $l_2 : b_2 = (1,7 \dots 2,1):1$.

2 После установления длины l_2 и ширины b_2 земельного участка определяются размеры строительного котлована (чаши). Его глубина H_1 определяется по формуле (5.2).

Размеры l_1 , b_1 , м, площади дна котлована

$$l_1 = l_2 - 2[H_1 / (1 : m_1)] = l_2 - 2m_1 H_1; \quad (5.3)$$

$$b_1 = b_2 - 2[H_1 / (1 : m_1)] = b_2 - 2m_1 H_1. \quad (5.4)$$

Размеры l_3 , b_3 , м, верхней площадки кургана

$$l_1 = l_2 - 2[H_2 / (1 : m_2)] = b_2 - 2m_1 H_1; \quad (5.5)$$

$$b_3 = b_2 - 2[H_2 / (1 : m_2)] = b_2 - 2m_2 H_2. \quad (5.6)$$

3 Объем V_1 , м³, чаши захоронения (формула как для усеченной правильной пирамиды) определяется как

$$V_1 = \frac{1}{3}(S_1 + S_2 + \sqrt{S_1 \cdot S_2})H_1, \quad (5.7)$$

где S_1 – площадь дна котлована, м²; $S_1 = b_1 \cdot l_1$;

S_2 – площадь сечения в уровне бровки откоса чаши, м²; $S_2 = b_2 \cdot l_2$.

4 Объем V_2 , м³, кургана захоронения вычисляется по формуле

$$V_2 = \frac{1}{3}(S_2 + S_3 + \sqrt{S_2 \cdot S_3})H_2, \quad (5.8)$$

где S_3 – площадь сечения в уровне верхней площадки, м².

5 Общая вместимость полигона V , м³, рассчитывается как

$$V = V_1 + V_2. \quad (5.9)$$

6 Потребность в изолирующем материале (грунте) определяется по формуле

$$V_{\text{сп}} = V(1 - 1/\kappa), \quad (5.10)$$

где κ – коэффициент коррекции вместимости полигона вследствие введения слоя грунта изоляции, $\kappa=1,25$.

7 Общий объем $V_{ТБО}$, м³, складирования отходов на полигоне

$$V_{ТБО} = V - V_{зр}. \quad (5.11)$$

Расчет выделяющегося биогаза.

В толще складированной массы отходов идет биотермический анаэробный процесс распада органических веществ. Конечным продуктом этого процесса является биогаз, основу которого составляют метан и диоксид углерода. Биогаз также содержит пары воды, сероводород, аммиак, оксид углерода, оксиды азота и ряд других вредных примесей. Ориентировочная продолжительность периода образования биогаза составляет 10–30 лет, а максимальное выделение его с поверхности полигона приходится на седьмой год хранения.

1 Объем V_3 , м³, и масса M_3 , т, образующегося в течение года биогаза рассчитываются по формулам

$$V_3 = M_{ТБО} \cdot W_{yd}; \quad (5.12)$$

$$M_3 = V_3 \cdot \rho_3, \quad (5.13)$$

где $M_{ТБО}$ – масса ТБО, завезенная на полигон,

$$M_{ТБО} = V_{ТБО} \cdot \rho_{ТБО}, \quad (5.14)$$

$\rho_{ТБО}$ – плотность отходов, $\rho_{ТБО} = 0,75$;

W_{yd} – удельный выход биогаза, $W_{yd} = 5,1$ м³/т;

ρ_3 – плотность биогаза, $\rho_3 = 1,248$ кг/м³.

2 Суточные объем V_{3C} , м³/сут, и масса M_{3C} , кг, биогаза находятся по формулам

$$V_{3C} = V / 365; \quad (5.15)$$

$$M_{3C} = V_{3C} \cdot \rho_3. \quad (5.16)$$

3 Выбросы M_i , т/год, основных загрязняющих ингредиентов в атмосферу

$$M_i = \frac{M_{ТБО} \cdot M_{Bi}}{100000}, \quad (5.17)$$

где M_{Bi} – параметр выброса i -го вещества, принимаемый по данным таблицы 5.3.

Таблица 5.3 – Параметры выбросов основных загрязняющих веществ в атмосферу полигоном ТБО вместимостью 100000 т

Наименование веществ	$ПДК_{MR},$ мг/м ³	$ПДК_{cc},$ мг/м ³	Класс опасности	Выброс $M_{Bi},$ т/год
Азота диоксид	0,085	0,04	2	0,70973
Аммиак	0,2	0,04	4	0,39108
Ангидрид сернистый	0,5	0,05	3	0,05
Бензол (C ₆ H ₆)	1,5	0,1	2	0,00114
Дихлорэтан	3	1	2	0,048
О-крезол	0,028	–	2	0,1176
Метан	100	25	4	115,69
Метилбензол (толуол)	0,6	0,6	3	0,1
Пропан	100	25	4	0,02
Сероводород	0,008	–	2	0,0652
Углерода оксид	3	3	4	1,2
Хлорэтан	–	0,2	4	0,044

Расчет сточных вод полигона.

В результате протекания процесса анаэробного разложения ТБО и проникновения внутрь тела полигона воды и влаги образуется фильтрат, представляющий собой темную, дурно пахнущую жидкость. Основными источниками образования сточных вод полигона являются: атмосферные осадки; избыточная влага складированных отходов, удаляемая из них при укладке с уплотнением; потребление воды на хозяйственно-бытовые нужды.

1 Суточный объем $V_{4,\phi}$, м³, фильтрата, выделяющийся с уложенной массы отходов, определяется по формуле

$$V_{4,\phi} = \kappa_1 (Q_1 + Q_2) / 365, \quad (5.18)$$

где κ_1 – коэффициент, учитывающий влагопоглощающую и испарительную способность бытовых отходов, $\kappa_1 = 0,1 \dots 0,15$;

Q_1 – суммарное годовое количество осадков, м³/год, выпадающих на поверхность отходов,

$$Q_1 = S_2 \cdot \bar{h}; \quad (5.19)$$

$\bar{h}$ – среднегодовая норма осадков, м;

Q_2 – суммарное годовое количество прочих вод, м³/год, распределяемых по поверхности отходов,

$$Q_2 = K_L \cdot N \cdot n_m; \quad (5.20)$$

K_L – расход воды на мойку одного контейнера, $K_L = 0,06$ м³;

N – число контейнеров в сутки;

n_m – число дней в году, когда осуществляется мойка контейнеров, $n_m = 160$.

2 Содержание веществ в фильтрате по видам для проектируемого полигона за сутки Q_c , кг, и за год Q_z , т, при хранении отходов

$$Q_c = 10^{-3} V_{4,\phi} \cdot C_\phi; \quad (5.21)$$

$$Q_z = Q_c \cdot 365, \quad (5.22)$$

где C_ϕ – концентрация вещества (таблица 5.4).

Таблица 5.4 – Концентрация вещества в фильтрате

Наименование вещества	Концентрация вещества в фильтрате C_ϕ , мг/л		
	ПДК	в период образования	при хранении
Хлориды	350	1550...3000	1550...3000
Сульфаты	500	300...500	5...30
Взвешенные частицы	0,75 к фону	130...600	130...600
Железо общее	0,3	50,0	4...25
Медь	0,5	0,08...2,0	0,08...2,0
Цинк	1,0	0,6...1,0	0,3...0,5
Марганец	0,1	0,8...1,2	0,8...1,2
Никель	0,1	0,2...0,4	0,2...0,4
Фосфаты	3,5	8,5...15	8,5...15
Азот аммонийных солей	1,0	100...1200	100...1200
Азот нитратов	10,2	70...500	70...500
Хром	0,5	0,11...0,5	0,11...0,5
Нефтепродукты	0,3	0,7...1,0	–

5.2 Практическая часть

В соответствии с заданным количеством жителей города (см. таблицу 5.1) определите необходимую вместимость полигона ТБО, объемы выделяющегося биогаза и сточных вод. Проведите необходимые расчеты и оформите отчет. Содержание отчета включает в себя цель работы, исходное задание, формулы и результаты расчетов.

1 Исходные данные варианта (значения величин γ , c , ϕ , η , m_1 , $\bar{h}$ и N) примите согласно таблице 5.5.

2 Выполните расчет по определению вместимости полигона, объемов отходов и грунта изоляционных слоев (см. формулы (5.1)–(5.11)).

3 Определите объемы биогаза, выделяющегося при деструкции органики в складываемой массе (см. формулы (5.12)–(5.17)).

4 Рассчитайте объемы фильтратных стоков и массы содержащихся в них загрязняющих веществ (см. формулы (5.18)–(5.22)).

5 Сделайте вывод о влиянии полигона на окружающую среду.

Таблица 5.5 – Варианты заданий для проектирования полигона ТБО

Но- мер вари- анта	Количе- ство жи- телей, тыс. чел.	Наиме- но- вание грунта основа- ния	Соб- ствен- ный вес грунта γ , кН/м ³	Удель- ное сцепле- ние грунта C , кПа	Угол внутрен- него трения φ , град	Коэффи- циент устойчи- вости от- коса η	Заложе- ние откосов чаши $1 : m_1$	Регио- нальная норма осадков $\bar{h}$, м/год	Число контей- неров в сутки N
1	50	Песок	16	1,7	35	1,2	1:1	0,52	150
2	60	Супесь	19	18	24	1,5	1:1,5	0,498	160
3	70	Суглинок	20,5	37	15	1,7	1:2,5	0,5	155
4	90	Песок	17	2	30	1,25	1:1	0,55	180
5	100	Супесь	18,5	7	28	1,4	1:1,75	0,62	200
6	110	Суглинок	20	34	19	1,8	1:2,25	0,633	220
7	100	Глина	22,5	40	14	1,9	1:2,5	0,61	230
8	250	Супесь	17,2	17	25	1,6	1:1,25	0,62	300
9	270	Суглинок	20,9	38	14	1,8	1:2,75	0,6	350
10	280	Глина	22	42	9	1,9	1:3	0,58	320
11	300	Песок	16	1,5	38	1,15	1:1	0,6	310
12	350	Супесь	18	19	23	1,5	1:2	0,498	350
13	400	Глина	20,8	39	18	1,8	1:2,5	0,54	400
14	450	Глина	22	43	8,5	1,9	1:3	0,64	420
15	500	Супесь	19	18	23	1,4	1:2,5	0,630	450
16	500	Суглинок	21	38	14	1,7	1:2,75	0,54	450
17	750	Глина	22	41	13	1,9	1:3	0,62	500
18	750	Песок	16	1,6	39	1,15	1:1	0,65	520
19	50	Песок	16	1,7	35	1,2	1:1,5	0,52	150
20	60	Супесь	19	18	24	1,5	1:1,5	0,498	160
21	70	Суглинок	20,5	37	15	1,7	1:2,5	0,5	155
22	90	Песок	17	2	30	1,25	1:1	0,55	180
23	100	Супесь	18,5	7	28	1,4	1:1,75	0,62	200
24	110	Суглинок	20	34	19	1,8	1:2,25	0,633	220
25	100	Глина	22,5	40	14	1,9	1:2,5	0,61	230
26	250	Супесь	17,2	17	25	1,6	1:1,25	0,62	300
27	270	Суглинок	20,9	38	14	1,8	1:2,75	0,6	350
28	280	Глина	22	42	9	1,9	1:3	0,58	320

Контрольные вопросы

- 1 Классификация отходов производства и отходов потребителя.
- 2 Методы обращения с отходами.
- 3 Состав и устройство полигонов ТБО.
- 4 Методы снижения воздействия полигонов ТБО на окружающую среду.
- 5 Выработка и отвод биогаза.
- 6 Отвод и очистка сточных вод полигона.
- 7 Рекультивация полигонов ТБО.

6 Практическая работа № 6. Расчет выбросов загрязняющих веществ при сжигании твердого топлива

Цель работы: изучить методику и выполнить расчет выбросов загрязняющих веществ в результате сжигания твердого топлива от установок мощностью до 25 МВт.

6.1 Теоретическая часть

Концентрация загрязняющего вещества (ЗВ) в сухих дымовых газах – концентрация вещества, измеренная за котлом, пересчитанная на сухой дымовой газ и приведенная к условному коэффициенту избытка воздуха $\alpha_T = 1,4$ и нормальным условиям.

Максимальный выброс ЗВ – максимальное количество ЗВ, поступающего в атмосферный воздух с дымовыми газами.

Валовый выброс ЗВ – количество ЗВ, поступающего в атмосферный воздух с дымовыми газами за рассматриваемый период (год, квартал, месяц).

Сжигание топлива для получения тепловой и электрической энергии оказывает негативное воздействие на состояние окружающей среды. При сжигании твердого топлива образуются оксиды азота, диоксид серы, оксид углерода, твердые частицы, бенз(а)пирен. Рассчитывают максимальные и валовые выбросы загрязняющих веществ в соответствии с ТКП 17.08-01-2006 (02120) для котлов теплопроизводительностью до 25 МВт.

Определение выбросов оксидов азота.

Методика определения выбросов оксидов азота состоит из двух этапов. Первоначально определяют максимальные и валовые выбросы для всех оксидов азота суммарно, а затем производится перерасчет на диоксид и оксид азота. Оксид азота для максимального выброса, как правило, не определяется.

Максимальный выброс оксидов азота M_{NOx} , г/с, определяется по формуле

$$M_{NOx} = B_S \cdot Q_i^r \cdot K_{NOx}^T (\max) \cdot \beta_p, \quad (6.1)$$

где Q_i^r – низшая рабочая теплота сгорания топлива, МДж/кг;

β_p – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рециркуляции дымовых газов, $\beta_p = 1$;

B_S – расчетный расход топлива на работу котла при максимальной нагрузке, кг/с.

$$B_S = \left(1 - \frac{q_4}{100}\right) \cdot B^f, \quad (6.2)$$

где q_4 – потери тепла от механической неполноты сгорания топлива, %;

B^f – фактический расход топлива на работу котла при максимальном режиме горения, кг/с.

$$B^f = \frac{100 \cdot N}{Q_i^r \cdot \eta}, \quad (6.3)$$

где N – расчетная нагрузка котла, МВт;

Q_i^r – низшая рабочая теплота сгорания топлива, МДж/кг;

η – КПД котла на расчетной нагрузке, %.

Удельный выброс оксидов азота при расчете максимального выброса определяется по формуле

$$K_{NOx}^T (\max) = 10^{-3} \cdot H_T \cdot \alpha_T \cdot K_T \cdot \sqrt{B_S \cdot (Q_i^r)^3}, \quad (6.4)$$

где H_T – характеристика топлива;

α_T – коэффициент избытка воздуха;

B_S – расчетный расход топлива на работу котла при максимальной нагрузке (см. формулу (6.2));

Q_i^r – низшая рабочая теплота сгорания топлива, МДж/кг;

K_T – коэффициент выброса азота оксидов (для костры $K_T = 0,3$; для остальных видов топлива $K_T = 0,4$).

С учетом трансформации оксидов азота в атмосфере, выбросы диоксида азота вычисляются по формуле

$$M_{NO2} = 0,8 \cdot M_{NOx}, \quad (6.5)$$

где M_{NOx} – максимальный выброс оксидов азота (см. формулу (6.1)).

M_{NO2} – максимальный выброс диоксида азота, г/с.

Валовый выброс оксидов азота M_{NOx}^{te} , т/год, определяется по формуле

$$M_{NOx}^{te} = 10^{-3} \cdot B_S^T \cdot Q_i^r \cdot K_{NOx}^T (\text{вал}) \cdot \beta_p, \quad (6.6)$$

где Q_i^r – низшая рабочая теплота сгорания топлива, МДж/кг;

β_p – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рециркуляции дымовых газов, $\beta_p = 1$;

B_S^T – расчетный расход топлива, т/год.

$$B_S^T = \left(1 - \frac{q_4}{100}\right) \cdot B, \quad (6.7)$$

где q_4 – потери тепла от механической неполноты сгорания топлива, %;

B – фактический расход топлива, т/год.

Удельный выброс оксидов азота при расчете валового выброса вычисляется по формуле

$$K_{NOx}^T (\text{вал}) = 10^{-3} \cdot H_T \cdot \alpha_T \cdot K_T \cdot \sqrt{B^{te} \cdot (Q_i^r)^3}, \quad (6.8)$$

где H_T – характеристика топлива;

α_T – коэффициент избытка воздуха;

Q_i^r – низшая рабочая теплота сгорания топлива, МДж/кг;

K_T – коэффициент выброса азота оксидов (для костры $K_T = 0,3$; для остальных видов топлива $K_T = 0,4$);

B^{te} – расчетный расход топлива на работу котла, т/год.

$$B^{te} = \frac{B_S^T}{3,6 \cdot T}, \quad (6.9)$$

где T – общее количество часов работы котла за год на данном виде топлива, ч;

B_S^T – расчетный расход топлива, т/год (см. формулу (6.7)).

Для валовых выбросов оксидов азота также производится пересчет по формулам

$$M_{NO_2}^{te} = 0,8 \cdot M_{NOx}^{te}; \quad (6.10)$$

$$M_{NO}^{te} = 0,13 \cdot M_{NOx}^{te}, \quad (6.11)$$

где M_{NOx}^{te} – валовый выброс оксидов азота, т/год (см. формулу (6.6));

$M_{NO_2}^{te}$ – валовый выброс диоксида азота, т/год;

M_{NO}^{te} – валовый выброс оксида азота, т/год.

Определение выбросов диоксида серы.

Максимальный выброс серы диоксида M_{SO_2} , г/с, определяется по формуле

$$M_{SO_2} = 0,02 \cdot B^f \cdot S^r(\max) \cdot (1 - \eta_{S1}) \cdot (1 - \eta_{S2}) \cdot 10^3, \quad (6.12)$$

где B^f – фактический расход топлива на работу котла при максимальном режиме горения, кг/с (см. формулу (6.3));

$S^r(\max)$ – максимальное содержание серы в рабочей массе топлива, %;

η_{S1} – доля серы оксидов, связываемых летучей золой в котле;

η_{S2} – доля серы оксидов, улавливаемых в мокром золоуловителе попутно с улавливанием твердых частиц, $\eta_{S2} = 0$.

Валовый выброс серы диоксида $M_{SO_2}^{te}$, т/год, рассчитывается по формуле

$$M_{SO_2}^{te} = 0,02 \cdot B \cdot S^r(\text{вал}) \cdot (1 - \eta_{S1}) \cdot (1 - \eta_{S2}), \quad (6.13)$$

где B – фактический расход топлива за год, т/год;

$S^r(\text{вал})$ – среднее содержание серы в рабочей массе топлива, %.

Определение выбросов оксида углерода.

Максимальный выброс углерода оксида M_{CO} , г/с, находят по формуле

$$M_{CO} = B_S \cdot C_{CO}(\max), \quad (6.14)$$

где B_S – расчетный расход топлива на работу котла при максимальной нагруз-

ке, кг/с (см. формулу (6.2));

$C_{CO}(\max)$ – выход оксида углерода при расчете максимального выброса, г/кг.

$$C_{CO}(\max) = q_3(\max) \cdot R \cdot Q_i^r, \quad (6.15)$$

где $q_3(\max)$ – потери тепла вследствие химической неполноты сгорания топлива, %;

R – коэффициент, учитывающий долю потери тепла вследствие химической неполноты сгорания топлива;

Q_i^r – низшая рабочая теплота сгорания топлива, МДж/кг.

Валовый выброс углерода оксида M_{CO}^{te} , т/год, определяется по формуле

$$M_{CO}^{te} = 10^{-3} \cdot B_s^t \cdot C_{CO}(\text{вал}), \quad (6.16)$$

где B_s^t – расчетный расход топлива, т/год (см. формулу (6.7));

$C_{CO}(\text{вал})$ – выход оксида углерода при сжигании топлива при расчете максимального выброса, г/кг.

$$C_{CO}(\text{вал}) = q_3(\text{вал}) \cdot R \cdot Q_i^r, \quad (6.17)$$

где $q_3(\text{вал})$ – потери тепла вследствие химической неполноты сгорания топлива, %;

R – коэффициент, учитывающий долю потерю тепла вследствие химической неполноты сгорания топлива;

Q_i^r – низшая рабочая теплота сгорания топлива, МДж/кг.

Определение выбросов твердых частиц.

Максимальный выброс твердых частиц M_{PM} , г/с, находят по формуле

$$M_{PM} = 0,01 \cdot B^f \cdot (1 - \eta_c) \cdot \left(\alpha_{ab} \cdot A^r + q_{ab} \cdot \frac{Q_i^r}{32,68} \right) \cdot 10^3, \quad (6.18)$$

где B^f – фактический расход топлива на работу котла при максимальном режиме горения, кг/с (см. формулу (6.3));

η_c – доля твердых частиц, улавливаемых в золоуловителях, $\eta_c = 0$;

α_{ab} – доля золы, уносимой газами из котла;

A^r – максимальная зольность топлива на рабочую массу, %;

q_{ab} – потери теплоты с уносом от механической неполноты сгорания топлива, %;

Q_i^r – низшая рабочая теплота сгорания топлива, МДж/кг.

Валовый выброс твердых частиц M_{PM}^{te} , т/год, рассчитывается по формуле

$$M_{PM}^{te} = 0,01 \cdot B \cdot (1 - \eta_c) \cdot \left(\alpha_{ab} \cdot A^r + q_{ab} \cdot \frac{Q_i^r}{32,68} \right), \quad (6.19)$$

где B – фактический расход топлива, т/год;

η_c – доля твердых частиц, улавливаемых в золоуловителях, $\eta_c = 0$;

α_{ab} – доля золы, уносимой газами из котла;

A^r – максимальная зольность топлива на рабочую массу, %;

q_{ab} – потери теплоты с уносом от механической неполноты сгорания топлива, %;

Q_i^r – низшая рабочая теплота сгорания топлива, МДж/кг.

Определение выбросов бенз(а)пирена при слоевом сжигании твердых топлив.

Максимальная концентрация бенз(а)пирена C_{bp} , мг/м³, в дымовых газах определяется по формуле

$$C_{bp} = 10^{-6} \cdot \left(\frac{H_T \cdot (Q_i^r)^2 - \frac{P}{t_H}}{e^{0,12 \cdot (\alpha_T - 1)}} \right) \cdot \frac{\alpha_T}{1,4} \cdot K_n \cdot K_d, \quad (6.20)$$

где H_T – характеристика топлива;

Q_i^r – низшая рабочая теплота сгорания топлива, МДж/кг;

α_T – коэффициент избытка воздуха;

t_H – температура насыщения пара, $t_H = 70$ °С;

P – коэффициент, характеризующий температурный уровень экранов, $P = 290$;

K_d – коэффициент, учитывающий степень улавливания бенз(а)пирена золоуловителем, $K_d = 1$;

K_n – коэффициент, учитывающий нагрузку котла, вычисляется по формуле

$$K_n = \left(\frac{Q_n}{Q_f} \right)^{1,2}, \quad (6.21)$$

где Q_n – номинальная теплопроизводительность котла;

Q_f – фактическая теплопроизводительность котла.

Средняя концентрация бенз(а)пирена C_{bp} (ср), мг/м³, в дымовых газах рассчитывается по формуле

$$C_{bp}(\text{ср}) = 10^{-6} \cdot \left(\frac{H_T \cdot (Q_i^r)^2 - \frac{P}{t_H}}{e^{0,12 \cdot (\alpha_T - 1)}} \right) \cdot \frac{\alpha_T}{1,4}, \quad (6.22)$$

где H_T – характеристика топлива;

Q_i^r – низшая рабочая теплота сгорания топлива, МДж/кг;

α_T – коэффициент избытка воздуха;

t_H – температура насыщения пара, $t_H = 70$ °С;

P – коэффициент, характеризующий температурный уровень экранов, $P = 290$.

Максимальный выброс бенз(а)пирена M_{bp} , мг/м³, определяется по формуле

$$M_{bp} = C_{bp} \cdot V_{dry} 10^{-3}, \quad (6.23)$$

где C_{bp} – максимальная концентрация бенз(а)пирена в дымовых газах, мг/м³;
 V_{dry} – объем сухих дымовых газов, м³/с.

$$V_{dry} = B_S \cdot V_{dry}^{1,4}, \quad (6.24)$$

где B_S – расчетный расход топлива на работу котла при максимальной нагрузке, кг/с (см. формулу (6.2));

$V_{dry}^{1,4}$ – объем сухих дымовых газов при $\alpha_0 = 1,4$ и нормальных условиях.

Валовый выброс бенз(а)пирена M_{BP}^{te} , т/год, рассчитывается по формуле

$$M_{BP}^{te} = C_{bp}(\text{ср}) \cdot V_{dry}(\text{вал}) \cdot 10^{-6}, \quad (6.25)$$

где $C_{bp}(\text{ср})$ – средняя концентрация бенз(а)пирена в дымовых газах, мг/м³;

$V_{dry}(\text{вал})$ – объем сухих дымовых газов, т/год;

$$V_{dry}(\text{вал}) = B_S^t \cdot V_{dry}^{1,4}. \quad (6.26)$$

6.2 Практическая часть

Рассчитайте выбросы ЗВ от мини-котельной мощностью N , работающей на твердом топливе. Исходные данные приведены в таблице 6.1. Результаты расчетов представьте в форме таблицы 6.2. Оформите отчет.

Таблица 6.1 – Исходные данные для расчета

Показатель	Обозначение	Вид используемого топлива				
		Щепа малоплотной древесины	Дрова	Опилки	Древесные отходы, обрезки	Костра для топливных нужд
1	2	3	4	5	6	7
Расход топлива, т/год	B	313	1914	6240	3150	4860
Теплопроизводительность котла, МВт	N	0,3	1,163	5,2	2,14	3,44
Номинальная теплопроизводительность котла, Гкал/ч	Q_n	300	1000	5000	2000	3400
Фактическая теплопроизводительность котла, Гкал/ч	Q_f	210	700	4650	1680	2990
КПД котла, %	η	85	80	85	90	80
Общее количество часов работы котла за год на данном виде топлива, ч	T	8760	8760	4320	3600	5040
Объем сухих дымовых газов при $\alpha_0 = 1,4$ и нормальных условиях, м ³ /с	$V_{dry}^{1,4}$	4,7	4,13	4,17	4,39	5,49
Низшая теплота сгорания топлива, МДж/кг	$Q_{f'}$	11,68	10,22	10,32	10,9	14,49
Максимальное содержание серы в рабочей массе топлива	S^r (max)	0,10	0,05	0,05	0,05	0,15

Окончание таблицы 6.1

1	2	3	4	5	6	7
Среднее содержание серы в рабочей массе топлива	S^r (вал)	0,10	0,05	0,05	0,05	0,15
Доля серы оксидов, связываемых летучей золой в котле	η_{S1}	0,58	0,69	0,55	0,63	0,55
Максимальная зольность топлива	A^r	3,0	0,6	0,6	0,6	2,5
Характеристика топлива	H_T	13,2	14,3	14,3	13,2	12,1
Коэффициент избытка воздуха в топке	α_T	2,5	2,5	2,0	2,5	2,0
Потери тепла от механической неполноты сгорания топлива, %	q_4	4,0	4,0	1,5	4,0	2,0
Потери тепла от химической неполноты сгорания топлива (max), %	q_3 (max)	0,7	0,7	0,5	0,7	0,5
Потери тепла от химической неполноты сгорания топлива (вал), %	q_3 (вал)	0,6	0,6	0,4	0,6	0,4
Коэффициент, учитывающий долю потерю тепла вследствие химической неполноты сгорания топлива	R	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Доля золы, уносимая газами из котла	α_{ab}	0,15	0,2	0,2	0,2	0,25
Потери теплоты с уносом от механической неполноты сгорания топлива	q_{ab}	2,5	1,0	0,7	1,2	0,5

Таблица 6.2 – Результаты расчетов максимальных и валовых выбросов загрязняющих веществ от мини-котельной, работающей на твердом топливе

Код ЗВ	Наименование ЗВ	Максимальный выброс, г/с	Валовый выброс, т/год
0301	Диксид азота		
0304	Оксид азота	Не определяется	
0703	Бенз(а)пирен		
0330	Диоксид серы		
2902	Твердые частицы (суммарно)		
0337	Оксид углерода		

Контрольные вопросы

- 1 Дайте определение валового и максимального выбросов ЗВ.
- 2 Выбросы каких ЗВ определяются при сжигании твердого топлива?
- 3 Дайте определение ПДК.

7 Практическая работа № 7. Экономические механизмы природопользования

Цель работы: изучить основные экономические механизмы природопользования; выполнить расчет экологического налога и платы за пользование природными ресурсами.

7.1 Теоретическая часть

Экономические механизмы природопользования рассматриваются в качестве косвенного воздействия на предприятия-загрязнители окружающей среды. Они охватывают все виды экономического стимулирования рационального природопользования.

Экономические механизмы охраны окружающей среды включают:

- кадастры природных ресурсов;
- финансовое и материально-техническое обеспечение мероприятий по охране окружающей среды;
- плату за пользование природными ресурсами и их загрязнение;
- экологические фонды;
- экономическое стимулирование.

Кадастры природных ресурсов – это своды экономических, экологических, организационных и технических показателей, характеризующих количество и качество природного ресурса, а также категории природопользователей. Они составляются по видам природных ресурсов: земельный, лесной, водный и др.

Финансовое и материально-техническое обеспечение мероприятий по охране окружающей среды. Существует несколько источников финансирования охраны окружающей среды:

- государственный бюджет;
- внебюджетные экологические фонды;
- средства предприятий, учреждений и организаций.

Плата за пользование природными ресурсами и их загрязнение повышает материальную заинтересованность производителей в эффективном использовании и сохранении этих природных ресурсов, а также обеспечивает появление дополнительных средств на их восстановление.

Законодательством предусмотрено два вида платы:

- 1) за пользование природными ресурсами;
- 2) за загрязнение окружающей среды.

Основным назначением платы является компенсация причиняемого вреда, стимуляция сокращения выбросов и экономическое обеспечение оздоровления и охраны окружающей среды.

Объектами налогообложения экологическим налогом признаются:

- выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух;
- сброс сточных вод;
- хранение, захоронение отходов производства;

– ввоз на территорию Республики Беларусь озоноразрушающих веществ, в том числе содержащихся в продукции.

Экологический налог рассчитывается в соответствии с Налоговым кодексом Республики Беларусь. Сумма экологического налога исчисляется как произведение налоговой базы и налоговой ставки. Налоговая база определяется как объемы фактических выбросов / сбросов предприятия за отчетный период (квартал). Ставки экологического налога установлены Налоговым кодексом РБ.

За превышение выбросов (сбросов), установленных разрешениями (комплексными природоохранными разрешениями) и (или) изъятие природных ресурсов сверх установленных лимитов применяются ставки налога, увеличенные на коэффициент 15.

Примеры расчета экологического налога и величины платы за пользование природными ресурсами.

Пример 1 – Рассчитайте сумму экологического налога по предприятию. Объем фактических выбросов составил 1,243 т, норматив допустимых выбросов – 1,3 т, ставка экологического налога – 1635215 р.

Так как нет превышения норматива допустимых выбросов, сумма экологического налога составит $1635215 \cdot 1,243 = 2032572,2$ р.

Пример 2 – Рассчитайте налог за добычу песка формовочного. Объем добычи – 1,15 т, установленный лимит добычи – 1 т, ставка налога – 330 р.

Так как присутствует превышение лимита добычи, расчет налога производится следующим образом: $1 \cdot 330 + 0,15 \cdot 330 \cdot 15 = 1072,5$ р.

7.2 Практическая часть

Задача 1. Определите величину налога за пользование природными ресурсами за второй квартал текущего года по домостроительному комбинату. Исходные данные для задачи – в таблице 7.1.

Задача 2. Произведите расчет экологического налога для котельной, работающей на отходах древесины, за третий квартал текущего года. Котельная принадлежит Жилкомхозу и обеспечивает горячим водо- и теплоснабжением поселок городского типа. Исходные данные для задачи – в таблице 7.2.

Задача 3. Рассчитайте экологический налог за захоронение (хранение) отходов производства на полигоне. Исходные данные для задачи – в таблице 7.3.

Контрольные вопросы

- 1 Что включают экономические механизмы природопользования?
- 2 Какие источники финансирования охраны окружающей среды существуют?
- 3 Какова цель введения платы за пользование природными ресурсами и их загрязнение? Какие виды платы существуют?

Таблица 7.1 – Исходные данные для задачи 1

Наименование природного ресурса	Лимитная добыча, тыс. т (тыс. м ³)	Ставка экологического налога, р./т (м ³)	Фактически добыто, тыс. т (тыс. м ³), по вариантам									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Песок формовочный, тыс. т	16	0,12	16	15,8	14,4	13,9	17,6	16	15,8	15,2	15,9	17,1
Песок строительный для использования в дорожном строительстве, тыс. м ³	20	0,03	20	20,1	20	20,2	20	20,4	20	20,6	20,3	20
Камень облицовочный, тыс. м ³	35	1,232	37	36	30	35	36	34	36	32	37	35
Глина, тыс. м ³	12	0,071	11	17	13	12,5	11	12	14	16	15	12
Вода из поверхностных источников (для производства продукции), тыс. м ³	42	0,0006	43	40	41	42	40	44	50	42	41	43

Таблица 7.2 – Исходные данные для задачи 2

Наименование ЗВ	Класс опасности	Ставка экологического налога, р./т	Допустимый выброс, т	Фактический выброс, т, по вариантам									
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Диоксид азота	2	594,104	0,5572	0,5572	0,56	0,54	0,5572	0,661	0,5572	0,6	0,544	0,5572	0,58
Оксид азота	3	196,402	0,0724	0,0724	0,0724	0,08	0,073	0,069	0,0724	0,0724	0,079	0,075	0,068
Диоксид серы	3	196,402	0,0647	0,0647	0,063	0,0647	0,0647	0,0652	0,066	0,062	0,0647	0,0647	0,0651
Твердые частицы (суммарно)	3	196,402	10,345	10,345	10,35	10,345	10,368	10,345	10,34	10,445	10,345	10,441	10,345
Оксид углерода	4	97,591	5,1803	5,19	5,1803	5,21	5,17	5,1803	5,2	5,1803	5,189	5,178	5,1803

Таблица 7.3 – Исходные данные для задачи 3

Перечень образующихся отходов	Класс опасности	Ставка экологического налога, р./т	Норматив образования, т	Фактический выброс, т, по вариантам									
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Полиэтилен (пленка, обрезки)	3	88,814	0,7	0,84	0,68	0,74	0,7	0,7	0,72	0,7	0,71	0,76	0,66
Обтирочный материал, загрязненный маслами (содержание масел – менее 15 %)	3	88,814	0,8	0,8	0,8	0,88	0,8	0,84	0,77	0,85	0,8	0,8	0,8
Отходы упаковочного картона незагрязненные	4	44,28	4	4	4	3,8	4,22	4	4	4,11	4	4	4
Изнюшенная спецодежда хлопчатобумажная и другая	4	44,28	0,2	0,22	0,23	0,2	0,24	0,2	0,2	0,19	0,23	0,26	0,25
Отходы производства, подобные отходам жизнедеятельности населения	Неопасные	3,492	2	2,1	2	2	1,9	2,22	2,19	2	2,4	2,33	2
Отходы (смет) от уборки территорий промышленных предприятий и организаций	4	44,28	4	4	4	4,1	4	4,23	4	4	3,7	4	4
Отходы бумаги и картона от канцелярской деятельности и делопроизводства	4	44,28	1,4	1,4	1,46	1,4	1,4	1,39	1,4	1,45	1,4	1,4	1,43
Люминесцентные трубки отработанные	1	77,518	0,0012	0,0009	0,0014	0,0012	0,0013	0,0012	0,0014	0,0012	0,0012	0,001	0,0015

Список литературы

1 Охрана окружающей среды и природопользование. Требования экологической безопасности: ЭкоНиП 17.01.06-001–2017: постановление М-ва ПР и ООС Респ. Беларусь от 18 июля 2017 г. № 5-т // Эталон-Беларусь / НЦПИ. – Минск, 2019. – URL: <http://pravo.by> (дата обращения: 20.01.2025).

2 Охрана окружающей среды и природопользование. Порядок установления нормативов допустимых сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод: ТКП 17.06-08–2012 (02120). – Минск: Минприроды, 2012. – 73 с.

3 Инструкция о порядке инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух: постановление М-ва ПР и ООС Респ. Беларусь от 23 июня 2009 г. № 42 // Эталон-Беларусь / НЦПИ. – Минск, 2019. – URL: <https://pravo.by> (дата обращения: 20.01.2025).

4 Инструкция о порядке установления нормативов допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух: постановление М-ва ПР и ООС Респ. Беларусь от 23 июня 2009 г. № 43 // Эталон-Беларусь / НЦПИ. – Минск, 2019. – URL: <https://pravo.by> (дата обращения: 20.01.2025).

5 Инструкция о порядке отнесения объектов воздействия на атмосферный воздух к определенным категориям: постановление М-ва ПР и ООС Респ. Беларусь от 29 мая 2009 г. № 30 // Эталон-Беларусь / НЦПИ. – Минск, 2019. – URL: <https://pravo.by> (дата обращения: 20.01.2025).

6 **Челноков, А. А.** Общая и прикладная экология: учеб. пособие / А. А. Челноков, К. Ф. Саевич, Л. Ф. Ющенко; под общ. ред. К. Ф. Саевича. – Минск: Выш. шк., 2014. – 654 с.: ил.

7 **Шаршунов, В. А.** Очистка сточных вод и утилизация их отходов: справ. пособие / В. А. Шаршунов. – Минск : Мисанта, 2020. – 642 с.

8 Экология : учебник и практикум для вузов / Под общ. ред. А. В. Тотая, А. В. Корсакова. – 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Юрайт, 2020. – 352 с.

9 Экология : учебник / А. В. Щур, П. Н. Балабко, Д. В. Виноградов [и др.]. – Рязань : ИП Викулов К. В., 2021. – 248 с.