Задание 1 (10 баллов)
Сравните уровни загрязнения двух озер, используя видовое разнообразие фитопланктонного сообщества и учитывая, что с увеличением степени загрязнения видовое разнообразие, как правило, уменьшается. Для оценки видового разнообразия используйте индекс Шеннона.
Индекс Шеннона рассчитывается по формуле:

$$H = -\sum_{i=1}^{S}(p_i \cdot \ln p_i),$$
$$p_i = \frac{n_i}{N},$$

где p_i – показатель доли *i*-го вида в сообществе,
n_i – количество особей *i*-го вида,
N – общее число особей всех видов,
S – число видов (видовое богатство).

Чем выше значение индекса Шеннона, тем выше уровень видового разнообразия.
Данные о видовой структуре фитопланктонных сообществ озер представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Количественные показатели фитопланктонных сообществ озер (тыс. клеток/л)

Название вида	Озеро 1	Озеро 2
Fragilaria crotonensis	1604,2	200,2
Asterionella formosa	1229,3	205,3
Synedra ulna	295,0	773,1
Ceratium hirundinella	144,8	499,3
Volvox aureus	264,7	733,2
Pediastrum duplex	183,9	533,5

При расчетах p_i, $\ln p_i$ и их произведения округляйте до сотых.

Решение.
1. Находим для каждого озера N
N_1 = 1604,2 + 1229,3 + 295 + 144,8 + 264,7 + 183,9 = 3721,9 тыс. клеток/л
N_2 = 200,2 + 205,3 + 773,1 + 499,3 + 733,2 + 533,5 = 2944,6 тыс. клеток/л

2. Находим p_i

Название вида	Озеро 1	Озеро 2
Fragilaria crotonensis	0,43	0,07
Asterionella formosa	0,33	0,07
Synedra ulna	0,08	0,26
Ceratium hirundinella	0,04	0,17
Volvox aureus	0,07	0,25
Pediastrum duplex	0,05	0,18

3. Находим $\ln p_i$

Название вида	Озеро 1	Озеро 2
Fragilaria crotonensis	-0,84	-2,66
Asterionella formosa	-1,11	-2,66
Synedra ulna	-2,53	-1,35
Ceratium hirundinella	-3,22	-1,77
Volvox aureus	-2,66	-1,39
Pediastrum duplex	-3	-1,71

4. Находим $p_i \cdot \ln p_i$

Название вида	Озеро 1	Озеро 2

Fragilaria crotonensis	-0,36	-0,19
Asterionella formosa	-0,37	-0,19
Synedra ulna	-0,2	-0,35
Ceratium hirundinella	-0,13	-0,3
Volvox aureus	-0,19	-0,35
Pediastrum duplex	-0,15	-0,31

5. $H_1 = 0,36 + 0,37 + 0,2 + 0,13 + 0,19 + 0,15 = 1,4$
$H_2 = 0,19 + 0,19 + 0,35 + 0,3 + 0,35 + 0,31 = 1,69$
Видовое разнообразие в первом озере меньше, значит и уровень загрязнения выше.

Критерии оценивания:
- рассчитаны правильно p_i всех видов для одного озера – 1 балл (всего максимально 2 балла),
- рассчитаны правильно $\ln p_i$ всех видов для одного озера – 1 балл (всего максимально 2 балла),
- рассчитаны правильно $p_i \cdot \ln p_i$ всех видов для одного озера – 1 балл (всего максимально 2 балла),
- рассчитан правильно индекс Шеннона для одного озера – 1 балл (всего максимально 2 балла),
- сделан правильный вывод о том, в каком озере загрязнение выше – 2 балла.

Итого: 10 баллов

Задание 2. (20 баллов).
Определите массу выбросов загрязняющих веществ, поступающих в атмосферный воздух при аварии в результате возгорания бензина, содержащегося в резервуаре, и оцените экологический ущерб. Аварийная ситуация происходит не на особо охраняемой природной территории.
Горение нефтепродукта осуществляется на поверхности раздела фаз «жидкость – атмосфера». Площадь горизонтального сечения резервуара равна 20 м^2. Время существования зеркала горения жидкости составило 900 часов.
В результате горения выделяются следующие загрязняющие вещества:
- оксид углерода,
- сажа,
- диоксид азота,
- сероводород,
- диоксид серы,
- формальдегид.

Выброс загрязняющего вещества в атмосферу при горении нефтепродуктов на поверхности раздела фаз «жидкость – атмосфера» (M_i) рассчитывается согласно Методике расчета выбросов вредных веществ в атмосферу при свободном горении нефти и нефтепродуктов (утверждена Самарским областным комитетом охраны окружающей среды и природных ресурсов Российской Федерации 03.07.1996 с согласования Минприроды России) по формуле:

$M_i = K_i \cdot m \cdot S_{ср} \cdot t$, кг
где K_i - удельный выброс *i*-го загрязняющего вещества на единицу массы сгоревшего нефтепродукта, кг (вещества)/кг (нефтепродукта) (табл. 2);
m - скорость выгорания нефтепродукта, кг/(м^2 · час). Для бензина m = 190,8 кг/(м^2 · час);
$S_{ср}$ - средняя поверхность зеркала жидкости, м^2. При горении жидкости в резервуаре без его разрушения $S_{ср}$ равна площади горизонтального сечения резервуара;
t - время существования зеркала горения, часы.

Таблица 2 – Удельный выброс вредного вещества при горении нефтепродуктов на поверхности

Загрязняющее вещество	Удельный выброс загрязняющего вещества, кг/кг		
	Керосин	Дизельное топливо	Бензин
Оксид углерода	0,0610	0,0071	0,3110
Сажа	0,0019	0,0129	0,0015
Диоксид азота	0,0090	0,0261	0,0151
Сероводород	0,0010	0,0010	0,0010
Диоксид серы	0,0078	0,0047	0,0012
Формальдегид	0,0009	0,0011	0,0005

Экологический ущерб от загрязнения окружающей среды за выбросы загрязняющих веществ в размерах, превышающих установленные природопользователю нормативы, рассчитывается по формуле:

$$У = 100 \cdot \sum_{i=1}^{n}(C_i \cdot M_i \cdot K_{от} \cdot K_{ин}),$$

где C_i - норматив платы за выброс 1 тонны *i*-го загрязняющего вещества, руб, (табл. 3);
M_i – фактическая масса выброса *i*-го загрязняющего вещества (т);
$K_{от}$ – дополнительный коэффициент к ставкам платы в отношении территорий и объектов, находящихся под особой охраной в соответствии с федеральными законами, равный 2,0 для особо охраняемых территорий, в остальных случаях равен 1,0;
$K_{ин}$ – коэффициент индексации платы за негативное воздействие на окружающую среду (в 2025 г равен 1,045).

Таблица 3 – Норматив (ставка) платы за выброс 1 т загрязняющего вещества, руб/т (Распоряжение Правительства РФ от 10.07.2025 N 1852-р)

Наименование загрязняющего вещества	Ставка платы за одну тонну загрязняющего вещества, руб
Азота диоксид	209,59
Сероводород	1036,16
Серы диоксид	68,55
Углерод (пигмент черный или углеродсодержащий аэрозоль (сажа))	209,59
Углерода оксид (II) (угарный газ)	2,42
Формальдегид	2753,64

При расчете выбросов загрязняющих веществ (кг) и экологического ущерба (руб) полученные данные округлите до целых.

Решение.
1. Находим массы выбросов загрязняющих веществ и переводим их в тонны
$M_i = K_i \cdot 190{,}8 \cdot 20 \cdot 900$

Загрязняющее вещество	K_i	M_i (кг)	M_i (т)
Оксид углерода	0,311	1068098	1068,098
Сажа	0,0015	5152	5,152
Диоксид азота	0,0151	51859	51,859
Сероводород	0,001	3434	3,434
Диоксид серы	0,0012	4121	4,121
Формальдегид	0,0005	1717	1,717

2. Находим экологический ущерб для каждого вещества

$У = M_i \cdot C_i \cdot 1 \cdot 1{,}045$

Загрязняющее вещество	M_i (т)	C_i (руб/т)	$У_i$ (руб)
Оксид углерода	1068,098	2,42	2701
Сажа	5,152	209,59	1128
Диоксид азота	51,859	209,59	11358
Сероводород	3,434	1036,16	3718
Диоксид серы	4,121	68,55	295
Формальдегид	1,717	2753,64	4941

3. $У_{общ} = 100 \cdot (2701 + 1128 + 11358 + 3718 + 295 + 4941) = 2\,414\,100$ руб.

Критерии оценивания:
- рассчитаны правильно M_i для одного загрязняющего вещества – 2 балл (всего максимально 12 баллов),
- рассчитаны правильно $У_i$ для одного загрязняющего вещества – 1 балл (всего максимально 6 баллов),
- рассчитан правильно общий ущерб – 2 балла.

Итого: 20 баллов

Задача 3. (40 баллов).
Оцените класс качества воды в реке по результатам химического анализа воды за три месяца (табл. 4), используя удельный комбинаторный индекс загрязнения воды (УКИЗВ). Река используется в рыбохозяйственных целях. ПДК загрязняющих веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения согласно Приказу Росрыболовства от 26.05.2025 N 296 приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты анализа воды в реке

Загрязняющее вещество (ЗВ)	Содержание загрязняющего вещества в воде реки, мг/л			ПДК, мг/л
	январь	май	сентябрь	
Аммоний-ион	1,1	1,6	0,23	0,5
Нитрит-ион	0,04	0,05	0,015	0,08
Нитрат-ион	1,3	1,3	0,53	40
Хлорид-ион	62	60	37	300
Фосфат-ион	0,3	0,6	0,2	0,15
Сульфат-ион	113,0	124,0	66,0	100
Железо	0,99	1,10	0,43	0,1
Медь	0,006	0,008	0,004	0,001
Цинк	0,2	0,18	0,08	0,01
Алюминий	0,07	0,07	0,05	0,04

Согласно РД 52.24.643-2002 расчет удельного комбинаторного индекса загрязнения воды (УКИЗВ) проводят следующим образом:

1. Выбирают загрязняющие вещества (ЗВ), содержание которых в воде водного объекта превышает ПДК. Дальнейшие расчеты ведут только для них.
2. По каждому выбранному ЗВ проводят следующие вычисления:
- число определений (n_i). Например, для аммоний-иона $n_i = 3$.
- число определений, превышающих ПДК (n'_i). Например, для аммоний-иона $n'_i = 2$.

3. Рассчитывают для каждого ЗВ повторяемость случаев превышения ПДК (%)

$$\alpha_i = (n'_i \cdot 100) / n_i.$$

Полученные результаты округлите до десятых.

4. Рассчитывают для каждого ЗВ частный оценочный балл $S_{\alpha i}$ (табл. 5).

Таблица 5 – Классификация водных объектов по повторяемости случаев загрязнённости

Повторяемость, %	Характеристика загрязнённости воды	Частный оценочный балл по повторяемости S_{ai}	Доля частного оценочного балла, приходящаяся на 1 % повторяемости
[1[2]; 10)[1]	Единичная	[1; 2)	0,11
[10; 30)	Неустойчивая	[2; 3)	0,05
[30; 50)	Характерная	[3; 4)	0,05
[50; 100)	Характерная	4	–

Примечания

1. Здесь и далее интервалы обозначают следующим образом: число слева – начало интервала; число справа – конец интервала; круглая скобка показывает, что стоящее при ней значение в интервал не входит; квадратная скобка – значение входит.
2. При значениях повторяемости меньше единицы принимаем $S_{ai} = 0$.
3. Пример: если $\alpha_i = 12$, тогда $S_{\alpha i} = 2 + (12 - 10) \cdot 0,05 = 2,1$

5. Рассчитывают для каждого ЗВ кратность превышения ПДК в тех результатах анализа, где превышение ПДК имеет место. Полученные значения округлите до сотых.

$$\Sigma\beta_i = \Sigma(C_i / ПДК_i).$$

6. Рассчитывают для каждого ЗВ среднее значение кратности превышения ПДК только по тем пробам, где есть нарушение нормативов. Полученные значения округлите до сотых.

$$\beta'_i = (\Sigma\beta_i) / n'_i.$$

7. Рассчитывают для каждого ЗВ частный оценочный балл $S_{\beta i}$ (табл. 6). Полученные значения округлите до сотых.

Таблица 6 – Классификация воды водных объектов по кратности превышения ПДК

Кратность превышения ПДК	Характеристика уровня загрязнённости воды	Частный оценочный балл по кратности превышения ПДК $S_{\beta i}$,	Доля оценочного балла, приходящаяся на единицу кратности превышения ПДК

(1; 2)	Низкий	[1; 2)	1,00
[2; 10)	Средний	[2; 3)	0,125
[10; 50)	Высокий	[3; 4)	0,025
[50; ∞)	экстремально высокий	4	0,025
Пример: если $\beta'_i = 12$, тогда $S_{\beta i} = 3 + (12 - 10) \cdot 0{,}025 = 3{,}05$			

8. Рассчитывают для каждого ЗВ обобщённые оценочные баллы

$S_i = S_{\alpha i} \cdot S_{\beta i}$.

9. Рассчитывают комбинаторный индекс загрязненности воды

$S_A = \Sigma S_i$.

10. Рассчитывают удельный комбинаторный индекс загрязненности воды S'_A

$S'_A = S_A/N_A$,

где N_A – общее количество ЗВ, по которым проводился анализ, в том числе и те, для которых превышения ПДК не наблюдались.

11. Рассчитывают критический показатель загрязнённости F – это количество $S_i \geq 9$.

12. Рассчитывают коэффициент запаса (КПЗ) k (k рассчитывается только при $F \leq 5$)

$k = 1 - 0{,}1 \cdot F$.

13. По значению S'_A и числу k определяют класс загрязненности воды (табл. 7).

Таблица 7 – Классификация качества воды водотоков по значению удельного комбинаторного индекса загрязнённости воды

Класс	Характеристика состояния загрязнённости воды	Удельный комбинаторный индекс загрязнённости воды					
		без учёта числа КПЗ	в зависимости от числа учитываемых КПЗ				
			1 (k=0,9)	2 (k=0,8)	3 (k=0,7)	4 (k=0,6)	5 (k=0,5)
1-й	условно чистая	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
2-й	слабозагрязнённая	(1; 2]	(0,9;	(0,8;	(0,7; 1,4]	(0,6; 1,2]	(0,5; 1,0]
3-й	загрязнённая	(2; 4]	1,8]	1,6]	(1,4; 2,8]	(1,2; 2,4]	(1,0; 2,0]
разряд “а”	загрязнённая	(2; 3]	(1,8;	(1,6;	(1,4; 2,1]	(1,2; 1,8]	(1,0; 1,5]
разряд “б”	очень загрязнённая	(3; 4]	3,6]	3,2]	(2,1; 2,8]	(1,8; 2,4]	(1,5; 2,0]
4-й	грязная	(4; 11]	(1,8;	(1,6;	(2,8; 7,7]	(2,4; 6,6]	(2,0; 5,5]
разряд “а”	грязная	(4; 6]	2,7]	2,4]	(2,8; 4,2]	(2,4; 3,6]	(2,0; 3,0]
разряд “б”	грязная	(6; 8]	(2,7;	(2,4;	(4,2; 5,6]	(3,6; 4,8]	(3,0; 4,0]
разряд “в”	очень грязная	(8; 10]	3,6]	3,2]	(5,6; 7,0]	(4,8; 6,0]	(4,0; 5,0]
разряд “г”	очень грязная	(8; 11]	(3,6;	(3,2;	(7,0; 7,7]	(6,0; 6,6]	(5,0; 5,5]
5-й	экстремально грязная	(11; ∞]	9,9]	8,8]	(7,7; ∞]	(6,6; ∞]	(5,5; ∞]
			(3,6;	(3,2;			
			5,4]	4,8]			
			(5,4;	(4,8;			
			7,2]	6,4]			
			(7,2;	(6,4;			
			9,0]	8,0]			
			(9,0;	(8,0;			
			9,9]	8,8]			
			(9,9; ∞]	(8,8; ∞]			

Решение.

1. Выбираем загрязняющие вещества (ЗВ), содержание которых в воде водного объекта превышает ПДК:

- Аммоний-ион,
- Фосфат-ион,

- Сульфат-ион,
- Железо,
- Медь,
- Цинк,
- Алюминий.

2. Находим число определений (n_i) и число определений, превышающих ПДК (n'_i).
3. Рассчитываем для каждого ЗВ повторяемость случаев превышения ПДК α_i.
4. По таблице 5 задания находим частный оценочный балл $S_{\alpha i}$. Так все $\alpha_i > 50$, то для всех ЗВ $S_{\alpha i} = 4$.

ЗВ	n_i	n'_i	α_i	$S_{\alpha i}$
Аммоний-ион	3	2	66,7	4
Фосфат-ион	3	3	100	4
Сульфат-ион	3	2	66,7	4
Железо	3	3	100	4
Медь	3	3	100	4
Цинк	3	3	100	4
Алюминий	3	3	100	4

5. Рассчитываем кратность превышения ПДК $\Sigma\beta_i$. Используем только те значения, которые больше ПДК.
6. Рассчитываем для каждого ЗВ среднее значение кратности превышения ПДК β'_i.
7. По табл. 6 задания рассчитываем частный оценочный балл $S_{\beta i}$.
8. Рассчитываем для каждого ЗВ обобщённые оценочные баллы

ЗВ	$\Sigma\beta_i$	β'_i	$S_{\beta i}$	S_i
Аммоний-ион	5,4	2,7	2,09	8,36
Фосфат-ион	7,33	2,44	2,06	8,24
Сульфат-ион	2,37	1,19	1,19	4,76
Железо	25,2	8,4	2,8	**11,2**
Медь	18	6	2,5	**10**
Цинк	46	15,33	3,13	**12,52**
Алюминий	4,75	1,58	1,58	6,32

9. Рассчитываем комбинаторный индекс загрязненности воды
$S_A = 8,36 + 8,24 + 4,76 + 11,2 + 10 + 12,52 + 6,32 = 61,4$
10. Рассчитываем удельный комбинаторный индекс загрязненности воды:
$S'_A = 61,4 / 10 = 6,14$
где N_A – общее количество нормируемых ЗВ, по которым проводился анализ.
11. Рассчитываем критический показатель загрязнённости F – количество $S_i \geq 9$
F = 3 (железо, медь, цинк).
12. Рассчитываем коэффициент запаса
$k = 1 – 0,1F = 1 – 0,1 \cdot 3 = 0,7$
13. По значению УКИЗВ $S'_A = 6,14$ и числу КПЗ k = 0,7 определяем класс загрязненности воды (табл. 7).
класс 4, разряд «в», очень грязная.

Критерии оценивания:

- правильно выбраны вещества с превышением ПДК – 1 балл,
- правильно рассчитаны для всех ЗВ n_i и n_i' – 1 балл,
- правильно для каждого ЗВ рассчитаны α_i и $S_{\alpha i}$ – 1 балл (всего максимально 7 баллов),
- правильно для каждого ЗВ рассчитаны $\Sigma\beta_i$ – 1 балл (всего максимально 7 баллов),
- правильно для каждого ЗВ рассчитаны β'_i – 1 балл (всего максимально 7 баллов),
- правильно для каждого ЗВ рассчитаны $S_{\beta i}$ – 1 балл (всего максимально 7 баллов),
- правильно для каждого ЗВ рассчитаны S_i – 1 балл (всего максимально 7 баллов),
- правильно рассчитаны S_A и S'_A – 1 балл,
- правильно рассчитаны F и k – 1 балл,
- правильно определен класс качества воды – 1 балл.

Итого: 40 баллов

Задание 4. (30 баллов)

Защита окружающей среды – важное дело, которое касается каждого из нас. Одна из возможностей внести свой вклад в улучшение экологической обстановки своего города – это сортировка отходов.

Система раздельного сбора (селективный сбор) отходов заключается в разделении отходов на фракции, позволяющем существенно облегчить их дальнейшую переработку или утилизацию.

И первый шаг в этом направлении – сортировка отходов в вашем доме. Однако, обычные твердые коммунальные отходы, образующиеся в каждой семье, представляют собой сложную смесь пищевых остатков, упаковки, бумаги, пластика, стекла, одежды и много другого. Понятно, что никому не хочется держать в доме несколько мусорных ведер вместо одного, чтобы заниматься селективным сбором.

Задание.

Предложите проект мусорного ведра для селективного сбора отходов объемом 30 л, которое можно будет использовать для разделения отходов в обычной квартире.

Выполнение задания.

Проектная часть

1. Разработайте оригинальный дизайн изделия, в конструкции которого будет учтено:
- возможность раздельного опорожнения секций,
- исключена возможность попадания содержимого одной внутренней секции в другую,
- присутствовать маркировка для различия секций.

2. Приведите два эскиза (чертежа) с указанием всех необходимых размеров изготавливаемого изделия (общий вид и вид сверху).

3. Напишите пояснительную записку к изделию:

а) укажите количество секций и для какого типа отходов секции предназначены,

б) отличия, например, конструктивные, секций друг от друга,

в) устройство крышки,

г) как секции будут опорожняться от мусора,

д) материал, из которого будут изготавливать ведро, и обоснование выбора материала,

е) предложите дополнительные опции, повышающие привлекательность мусорного ведра для потребителя,

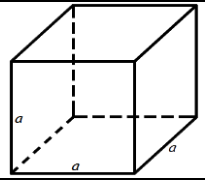
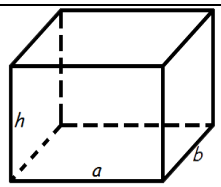
ж) укажите достоинства вашего изделия.

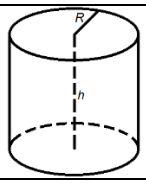
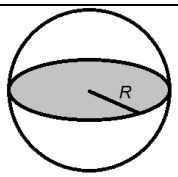
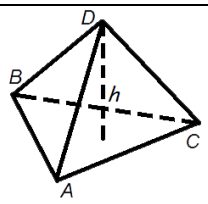
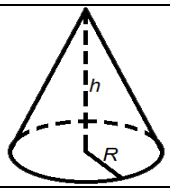
Расчетная часть

1. Рассчитайте размеры изготавливаемого мусорного ведра, исходя из необходимости получить заданный внутренний объем, используя геометрические формулы (табл. 8).

2. Рассчитайте приблизительные размеры секций ведра, учитывая, что ежедневный усредненный состав бытовых отходов, следующий:
- бумага и картон – 30 %;
- пищевые и растительные отходы – 30 %;
- тряпки, старый текстиль и подобные вещи – 4 %;
- стекло – 1 %;
- полиэтиленовые пакеты и другой пластик – 5 %;
- прочие (кожа, резина, древесина, керамика, камни, металлы и т.д.) – 30 %.

Таблица 8 – Формулы объема геометрических фигур

Фигура	Формула	Параметры фигуры
Куб		
	$V = a^3$	a – длина стороны куба
Прямоугольный параллелепипед		
	$V = a \cdot b \cdot h$	a – длина, b – ширина, h – высота
Цилиндр		

	$V = \pi \cdot R^2 \cdot h$	R – радиус цилиндра, h – высота цилиндра, $\pi = 3{,}14$
Шар		
	$V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3$	R – радиус шара, $\pi = 3{,}14$
Пирамида		
	$V = \frac{1}{3} \cdot S_o \cdot h$	S_o – площадь основания пирамиды, h – длина высоты пирамиды
Конус		
	$V = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot R^2 \cdot h$	R – радиус основания конуса, h – высота конуса, $\pi = 3{,}14$

Критерии оценивания:

- предложенный вариант обладает оригинальностью – 2 балла,
- предложенный вариант практически достижим – 2 балла,
- нарисованы эскизы изделия (вид сверху и вид сбоку):

а) на эскизах (чертежах) четко видно, как устроено мусорное ведро – 2 балла,
б) на эскизах (чертежах) четко видно, как мусорное ведро разделено на секции – 2 балла,
в) мусорное ведро стильно и эстетично – 2 балла,
г) на эскизе (чертеже) учтены все пожелания – 2,5 баллов,

- расписаны пункты а–д пояснительной записки – по 1 баллу за пункт (всего 5 баллов),
- расписаны пункты е–ж пояснительной записки – по 2,5 балла за пункт (всего 5 баллов),
- рассчитаны размеры изделия (ширину или высоту выбирают произвольно, а затем исходя из вида фигуры по объему 30 л рассчитывают другой размер) – 2,5 баллов,
- правильно рассчитаны размеры секций (находят объем каждой секции и по нему вычисляют размеры) – 5 баллов.

Итого. 30 баллов.

Задания, ответы и критерии оценивания

Задание 1 (10 баллов)

Согласно Федеральному закону от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» негативное воздействие предприятий на окружающую среду, которое они оказывают в ходе своей хозяйственной деятельности, является платным. Один из видов платежей, которые взимаются с предприятия за загрязнение окружающей среды, – это размещение отходов.

Расчет платы за размещение отходов производится в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 31.05.2023 № 881 «Об утверждении Правил исчисления и взимания платы за негативное воздействие на окружающую среду и о признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации и отдельного положения акта Правительства Российской Федерации».

Плата за размещение отходов ($П_i$) зависит от того, превышает ли масса отхода установленный для него лимит. Если превышения не наблюдается или масса равна лимиту, то плата рассчитывается по формуле:

$$П_i = М_i \cdot С_i \cdot К_{от} \cdot К_{ин} \cdot К_{ст},$$

где $М_i$ – фактическая масса *i*-го отхода (т),

$С_i$ – ставка платы за 1 т *i*-го отхода, руб,

$К_{от}$ – дополнительный коэффициент к ставкам платы в отношении территорий и объектов, находящихся под особой охраной в соответствии с федеральными законами, равный 2,0 для особо охраняемых природных территорий, в остальных случаях равен 1,0;

$К_{ин}$ – коэффициент индексации платы за негативное воздействие на окружающую среду (в 2025 г равен 1,045),

$К_{ст}$ – стимулирующий понижающий коэффициент (если не применяется, берется равным 1).

Если масса отхода превышает установленный лимит, тогда плата рассчитывается по формуле:

$$П_i = [М_{лим} + 25 \cdot (М_i - М_{лим})] \cdot С_i \cdot К_{от} \cdot К_{ин} \cdot К_{ст},$$

где $М_{лим}$ – лимит на размещение *i*-го отхода (т).

Ставки платы за негативное воздействие на окружающую среду установлены Распоряжением Правительства РФ от 10.07.2025 N 1852-р и зависят от класса опасности отхода (табл. 1).

Таблица 1 – Ставки платы при размещении одной тонны отходов разных классов опасности

Наименование отхода	Ставка платы за одну тонну отхода, руб
Отходы I класса опасности (чрезвычайно опасные)	7011,99
Отходы II класса опасности (высокоопасные)	3005,2
Отходы III класса опасности (умеренно опасные)	2003,77
Отходы IV класса опасности (малоопасные) (за исключением твердых коммунальных отходов IV класса опасности)	1001,43
Отходы V класса опасности (практически неопасные): – добывающей промышленности – перерабатывающей промышленности – прочие	 1,66 60,55 26,12

Рассчитайте общую плату за размещение двух отходов на текущий год:

- Отходы мокрой газоочистки при производстве плит из древесноволокнистых материалов (3 класс опасности), $М_1 = 0,75$ т, $М_{лим1} = 1,29$ т.
- Шины пневматические автомобильные отработанные (4 класс опасности), $М_2 = 9,54$ т, $М_{лим2} = 7,2$ т.

Территория не относится к особо охраняемым, стимулирующие понижающие коэффициенты не применяются.

Полученный результат платы от предприятия округлите до рублей.

Решение.
1) $М_1 < М_{лим1}$, значит $П_1 = М_1 \cdot С_1 \cdot К_{от} \cdot К_{ин} \cdot К_{ст} = 0,75 \cdot 2003,77 \cdot 1 \cdot 1,045 \cdot 1 = 1570$ руб.
2) $М_2 > М_{лим2}$, значит $П_2 = [М_{лим} + 25 \cdot (М_i - М_{лим})] \cdot С_i \cdot К_{от} \cdot К_{ин} \cdot К_{ст} = [7,2 + 25 \cdot (9,54 - 7,2)] \cdot 1001,43 \cdot 1 \cdot 1,045 \cdot 1 = 68755$ руб.
3) $П_{общ} = 1570 + 68755 = 70325$ руб.

Критерии оценивания:
- правильно выбранная формула для расчета платы за каждый отход – 2 балла (всего максимально за оба отхода – 4 балла),
- правильный расчет платы за один отход – 2 балла (всего максимально 4 балла),
- посчитана общая плата за оба отхода – 2 балла.

Задание 2 (20 баллов)
Допустимый уровень звука на площадке для отдыха в жилой зоне согласно СанПин 1.2.3685-21 должен быть не более 45 дБА. Наибольший вклад в городской шум вносит транспортный шум.
Для определения уровня звука в расчетной точке от источника шума ($L_{р.т.}$) используется формула, дБА,

$$L_{р.т.} = L_{и.ш.} - \Delta L_{рас} - \Delta L_{воз} - \Delta L_{зел} - \Delta L_{э} - \Delta L_{зд},$$

где $L_{и.ш.}$ – уровень звука от источника шума (автотранспорта), дБА; $\Delta L_{рас}$ – снижение уровня звука из-за его рассеивания в пространстве, дБА; $\Delta L_{воз}$ – снижение уровня звука из-за его затухания в воздухе, дБА; $\Delta L_{зел}$ – снижение уровня звука зелеными насаждениями, дБА; $\Delta L_{э}$ – снижение уровня звука экраном, дБА; $\Delta L_{зд}$ – снижение уровня звука зданием, дБА.

Снижение уровня звука от его рассеивания в пространстве, дБА,

$$\Delta L_{рас} = 10 \cdot \lg(r_n / r_0),$$

где r_n – расстояние от источника шума до расчетной точки, м; r_0 – кратчайшее расстояние между точкой, в которой определяется звуковая характеристика источника шума, и источником шума ($r_0 = 7,5$ м).
Снижение уровня звука из-за его затухания в воздухе, дБА,

$$\Delta L_{воз} = (\alpha_{воз} \cdot r_n) / 100,$$

где $\alpha_{воз}$ – коэффициент затухания звука в воздухе ($\alpha_{воз} = 0,5$ дБА/м).

Снижение уровня звука зелеными насаждениями, дБА,

$$\Delta L_{зел} = \alpha_{зел} \cdot B,$$

где $\alpha_{зел}$ – постоянная затухания шума ($\alpha_{зел} = 0,1$ дБА), B – ширина полосы зеленых насаждений, м.

Снижение шума за экраном происходит в результате образования звуковой тени в расчетной точке и огибания экрана звуковым лучом. Снижение уровня звука экраном $\Delta L_{э}$, дБА, зависит от разности длин путей звукового луча δ (табл. 2).

Таблица 2 – Снижение уровня звука экраном в зависимости от разности длин путей звукового луча

δ, м	1	2	5	10	15	20	30	50	60
$\Delta L_{э}$, дБА	14	16,2	18,4	21,2	22,4	22,5	23,1	23,7	24,2

Снижение шума зданием (преградой) обусловлено отражением звуковой энергии от верхней части здания: $\Delta L_{зд} = K \cdot W$,

где K – коэффициент (K = 0,8 дБА/м); W – толщина (ширина) здания, м.

1. Найдите, какой ширины должна быть полоса зеленых насаждений для снижения уровня шума от уличной магистрали, если:
- уровень звука от источника шума (автотранспорта) составляет 100 дБА,
- между источником шума и расчетной точкой (площадкой для отдыха в жилой зоне) помимо лесополосы деревьев расположены еще экран и здание,
- расстояние от источника шума до расчетной точки равно 100 м,

- разность длин путей звукового луча составляет 5 м,
- ширина преграды (здания) между дорогой и жилой застройкой – 30 м.

2. Укажите, какие требования предъявляют к зеленым насаждениям, используемым для снижения уровня шума.

Решение.

1. Из уравнения (3) находим $\Delta L_{зел}$

$\Delta L_{зел} = L_{и.ш.} – \Delta L_{рас} – \Delta L_{воз} – \Delta L_{э} – \Delta L_{зд} – L_{р.т.}$

$\Delta L_{рас} = 10 \cdot \lg(r_n / r_0) = 10 \cdot \lg(100 / 7,5) \approx 11,25$ дБ.

$\Delta L_{воз} = (\alpha_{воз} \cdot r_n) / 100 = (0,5 \cdot 100) / 100 = 0,5$ дБ.

$\Delta L_{э} = 18,4$ дБ (по табл. 2).

$\Delta L_{зд} = K \cdot W = 0,8 \cdot 30 = 24$ дБ

$L_{р.т.} = 45$ дБ.

$\Delta L_{зел} = 100. – 11,25 – 0,5 – 18,4 – 24 – 45 = 0,85$ дБ.

2. Ширина полосы зеленых насаждений

$B = \Delta L_{зел} / \alpha_{зел} = 0,85 / 0,1 = 8,5$ м.

3. Требования к зеленым насаждениям:

- деревья должны создавать плотное примыкание крон друг к другу,
- подкроновое пространства должно быть заполнено густым кустарником,
- наличие густого травяного покрова,
- предпочтение следует отдавать хвойным породам, так как они снижают шум в течение всего года, в то время как лиственные породы – только в летний период.

Критерии оценивания:

- правильно выведена формула для расчета $\Delta L_{зел}$ – 1 балл,
- правильно рассчитаны $\Delta L_{рас}$, $\Delta L_{воз}$, $\Delta L_{зд}$ – каждый по 2 балла (всего максимально 6 баллов),
- правильно выбрана $\Delta L_{э}$ – 1 балл,
- правильно рассчитано $\Delta L_{зел}$ – 2 балла,
- правильно рассчитано B – 2 балла,
- приведены рекомендации – каждая рекомендация 2 балла (всего максимально 8 баллов).

Задание 3 (40 баллов)

Для оценки качества атмосферного воздуха используют индекс загрязнения атмосферы (ИЗА). Величина ИЗА рассчитывается по значениям среднегодовых концентраций загрязняющих веществ.

Если значение ИЗА ≤ 5, уровень загрязнения атмосферного воздуха считается низким, если 5 < ИЗА ≤ 7 – повышенным, если 7 < ИЗА < 14 – высоким, если ИЗА ≥ 14 – очень высоким.

$$ИЗА = \sum_{i=1}^{5} ИЗА_i = \sum_{i=1}^{5} \left(\frac{C_i}{ПДК_i}\right)^{K_i}$$

где $ИЗА_i$ – единичный индекс загрязнения для *i*-го вещества,

C_i – среднегодовая концентрация *i*-го вещества, мг/м^3;

$ПДК_i$ – среднесуточная предельно допустимая концентрация *i*-го вещества, мг/м^3;

K_i – безразмерная константа приведения степени вредности *i*-го вещества к вредности сернистого газа. Значения K_i равны 0,85; 1,0; 1,3; 1,5 соответственно для 4-, 3-, 2- и 1-го классов опасности вещества.

При расчете ИЗА выбирают пять веществ, дающих наибольший вклад в загрязнение атмосферного воздуха.

1. Рассчитайте индексы загрязнения атмосферы и укажите классы качества воздуха для трех районов города, используя следующие результаты анализа качества атмосферного воздуха (табл. 3).

Примечание. Полученные значения $\left(\frac{C_i}{ПДК_i}\right)^{K_i}$ округлите до сотых.

Таблица 3 – Результаты анализа качества атмосферного воздуха

Загрязняющее вещество (ЗВ)	Среднегодовая концентрация ЗВ в воздухе, мг/м^3			Класс опасности вещества	ПДК$_{сс}$, мг/м^3
	Район 1	Район 2	Район 3		
Диоксид азота	0,03	0,04	0,05	3	0,1
Фторид водорода	0,002	0,03	0,06	2	0,014
Оксид углерода	0,007	1,71	0,04	4	3
Взвешенные вещества	0,07	0,4	0,1	3	0,15
Диоксид серы	0,04	0,05	0,01	3	0,05
Фенол	0,01	0,03	0,02	2	0,006
Формальдегид	0,004	0,003	0,005	2	0,01

2. Создайте экологическую карту загрязнения атмосферного воздуха города, используя основу (рис. 1). Изобразите для каждого района гистограмму, столбики которой соответствуют единичным ИЗА для пяти приоритетных веществ, а высота столбика отражает их численное значение. Для изображения разных веществ можно использовать разные цвета или штриховку. На гистограммах расположите вещества в порядке возрастания их вклада в загрязнение воздуха.
3. Выскажите предположение, в каком из районов города целесообразнее построить парк-отель?

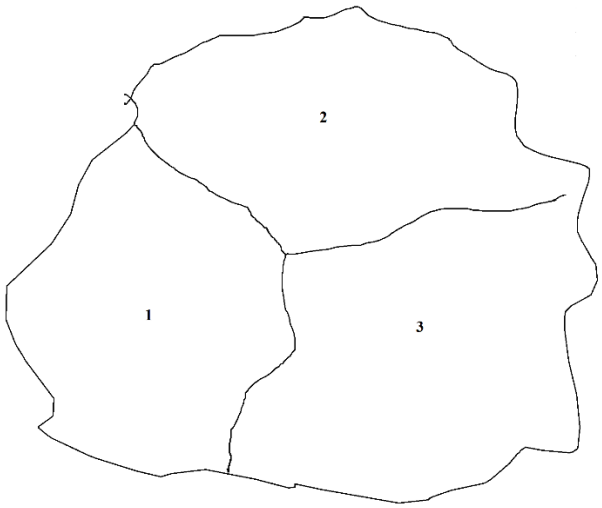


Рисунок 1 – Основа для экологической карты

Решение.

1. Находим $(\frac{C_i}{ПДК_i})^{K_i}$ для каждого вещества

$(C_i/ПДК_i)^{Ki}$

Название загрязняющего вещества	Район 1	Район 2	Район 3
Диоксид азота	$(0,03/0,1)^1$ = **0,3**	$(0,04/0,1)^1$ = 0,4	$(0,05/0,1)^1$ = **0,5**
Фторид водорода	$(0,002/0,014)^{1,3}$ = 0,08	$(0,03/0,014)^{1,3}$ = **2,69**	$(0,06/0,014)^{1,3}$ = **6,63**
Оксид углерода	$(0,007/3)^{0,85}$ = 0,01	$(1,71/3)^{0,85}$ = **0,62**	$(0,04/3)^{0,85}$ = 0,03
Взвешенные вещества	$(0,07/0,15)^1$ = **0,47**	$(0,4/0,15)^1$ = **2,67**	$(0,1/0,15)^1$ = **0,67**
Диоксид серы	$(0,04/0,05)^1$ =**0,8**	$(0,05/0,05)^1$ = **1**	$(0,01/0,05)^1$ = 0,2
Фенол	$(0,01/0,006)^{1,3}$ = **1,94**	$(0,03/0,006)^{1,3}$ = **8,1**	$(0,02/0,006)^{1,3}$ = **4,78**
Формальдегид	$(0,004/0,01)^{1,3}$ = **0,3**	$(0,003/0,01)^{1,3}$ = 0,21	$(0,005/0,01)^{1,3}$ = **0,41**

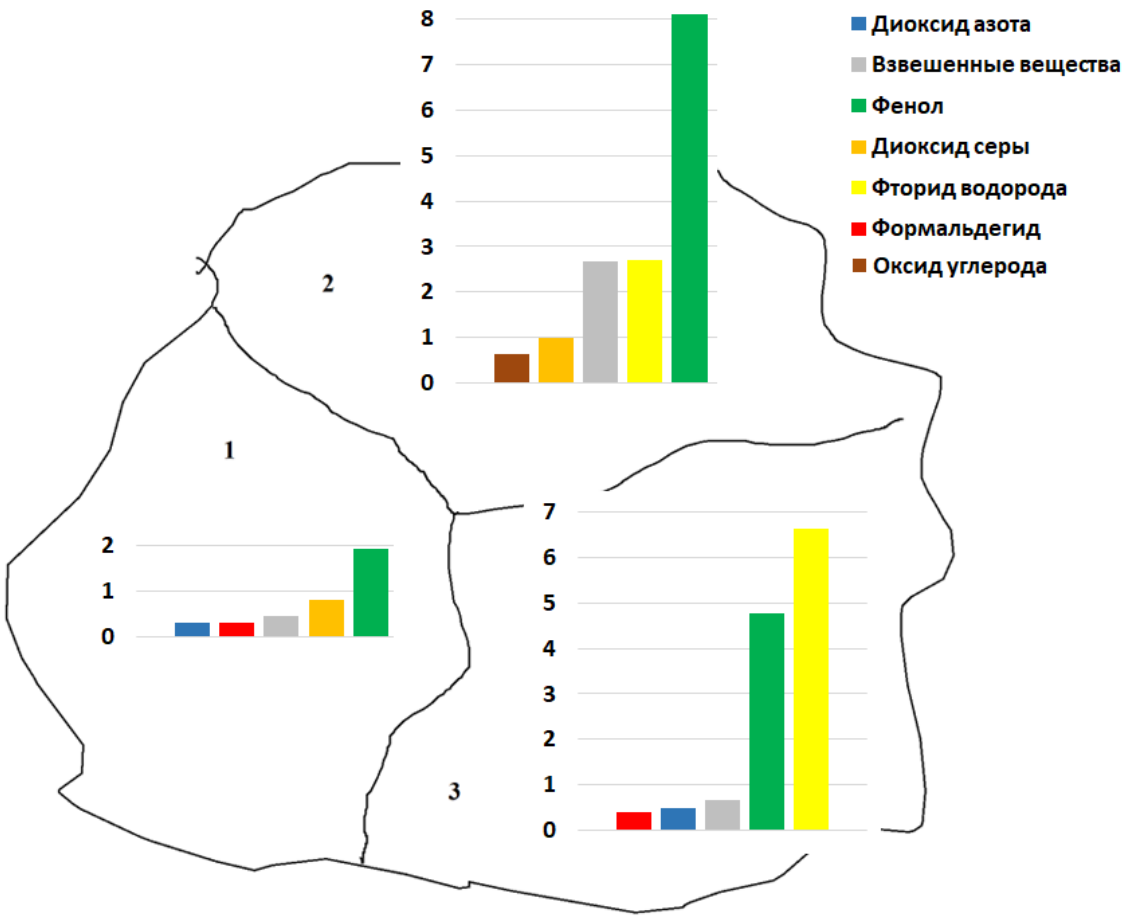
Выбираем пять веществ с наибольшими значениями $(C_i/ПДК_i)^{Ki}$ и рассчитаем индекс загрязнения атмосферы:

$ИЗА_1$ = 0,3 + 0,47 + 0,8 + 1,94 + 0,3 = 3,81 (низкий уровень загрязнения),

$ИЗА_2$ = 2,69 + 0,62 + 2,67 + 1 + 8,1 = 15,08 (очень высокий уровень загрязнения),

$ИЗА_3$ = 0,5 + 6,63 + 0,67 + 4,78 + 0,41 = 12,99 (высокий уровень загрязнения).

2. Карта



3. Парк-отель целесообразнее построить в районе 1, так как там загрязнение воздуха меньше всего.

Критерии оценивания

- правильно рассчитан для одного вещества $(C_i/ПДК_i)^{Ki}$ – 1 балл (всего максимально 7 баллов · 3 района = 21 балл),
- правильно выбраны 5 приоритетных веществ – 1 балл (всего максимально 3 балла),
- правильно рассчитан ИЗА для одного района – 2 балла (всего максимально 6 баллов),
- правильно указан уровень загрязнения воздуха – 1 балл (всего максимально 3 балла),
- правильно построена гистограмма для одного района – 2 балла (всего максимально 6 баллов),
- правильно выбран район для строительства – 1 балл.

Задание 4 (30 баллов)

Защита окружающей среды – важное дело, которое касается каждого из нас. Одна из возможностей внести свой вклад в улучшение экологической обстановки своего города – это сортировка отходов.

Система раздельного сбора (селективный сбор) отходов заключается в разделении отходов на фракции, позволяющем существенно облегчить их дальнейшую переработку или утилизацию.

И первый шаг в этом направлении – сортировка отходов в вашем доме. Однако, обычные твердые коммунальные отходы, образующиеся в каждой семье, представляют собой сложную смесь пищевых остатков, упаковки, бумаги, пластика, стекла, одежды и много другого. Понятно, что никому не хочется держать в доме несколько мусорных ведер вместо одного, чтобы заниматься селективным сбором.

Задание.

Предложите проект мусорного ведра для селективного сбора отходов объемом 30 л, которое можно будет использовать для разделения отходов в обычной квартире.

Выполнение задания.

Проектная часть

1. Разработайте оригинальный дизайн изделия, в конструкции которого будет учтено:

- возможность раздельного опорожнения секций,

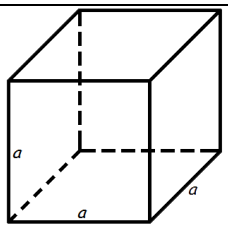
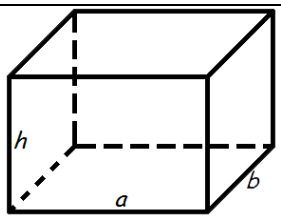
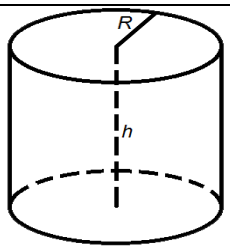
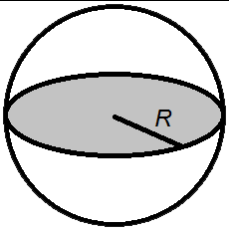
- исключена возможность попадания содержимого одной внутренней секции в другую,
- присутствовать маркировка для различия секций.

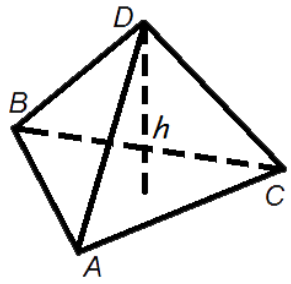
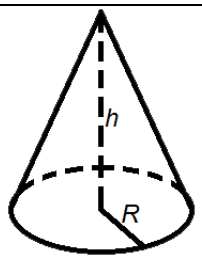
2. Приведите два эскиза (чертежа) с указанием всех необходимых размеров изготавливаемого изделия (общий вид и вид сверху).
3. Напишите пояснительную записку к изделию:
а) укажите количество секций и для какого типа отходов секции предназначены,
б) отличия, например, конструктивные, секций друг от друга,
в) устройство крышки мусорного ведра,
г) как секции будут опорожняться от мусора,
д) материал, из которого будут изготавливать ведро, и обоснование выбора материала,
е) предложите дополнительные опции, повышающие привлекательность мусорного ведра для потребителя,
ж) укажите достоинства вашего изделия.

Расчетная часть

1. Рассчитайте размеры изготавливаемого мусорного ведра, исходя из необходимости получить заданный внутренний объем, используя геометрические формулы (табл. 4).
2. Рассчитайте будет ли достаточно данного объема мусорного ведра для семьи из двух человек, если один человек образует 6 л отходов в день? При этом 30 % отходов приходится на пищевые остатки, секцию с которыми нужно опорожнять каждый день, остальные отходы накапливают и секции с ними опорожняют раз в три дня.

Таблица 4 – Формулы объема геометрических фигур

Фигура	Формула	Параметры фигуры
Куб		
	$V = a^3$	a – длина стороны куба
Прямоугольный параллелепипед		
	$V = a \cdot b \cdot h$	a – длина, b – ширина, h – высота
Цилиндр		
	$V = \pi \cdot R^2 \cdot h$	R – радиус цилиндра, h – высота цилиндра, $\pi = 3{,}14$
Шар		
	$V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3$	R – радиус шара, $\pi = 3{,}14$

Пирамида		
	$V = \frac{1}{3} \cdot S_o \cdot h$	S_o – площадь основания пирамиды, h – длина высоты пирамиды
Конус		
	$V = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot R^2 \cdot h$	R – радиус основания конуса, h – высота конуса, $\pi = 3{,}14$

Решение расчетной части п. 2
Один человек образует 6 л отходов в день,
тогда два человека – 12 л отходов в день.
Из них 30 % – 3,6 л приходиться на пищевые остатки,
70 % – прочие отходы составляют 8,4 л, которые накапливают три дня, т.е. это будет 8,4 · 3 = 25,2 л.
Итого 3,6 + 25,2 = 28,8 л, следовательно, объема ведра в 30 л будет достаточно.

Критерии оценивания:
- предложенный вариант обладает оригинальностью – 2 балла,
- предложенный вариант практически достижим – 2 балла,
- нарисованы эскизы изделия (вид сверху и вид сбоку):
  - а) на эскизах (чертежах) четко видно, как устроено мусорное ведро – 2 балла,
  - б) на эскизах (чертежах) четко видно, как мусорное ведро разделено на секции – 2 балла,
  - в) мусорное ведро стильно и эстетично – 2 балла,
  - г) на эскизе (чертеже) учтены все пожелания – 2,5 баллов,
- расписаны пункты а–д пояснительной записки – по 1 баллу за пункт (всего 5 баллов),
- расписаны пункты е–ж пояснительной записки – по 2,5 балла за пункт (всего 5 баллов),
- рассчитаны размеры изделия (ширину или высоту выбирают произвольно, а затем исходя из вида фигуры по объему 30 л рассчитывают другой размер) – 2,5 баллов.
- правильно рассчитан пункт 2 практической части – 5 баллов.

Задание 1. (10 баллов)

По данным Федеральной службы государственной статистики за 2014 и 2024 г. «Выбросы наиболее распространенных загрязняющих атмосферу веществ, отходящих от стационарных источников, по РФ» (табл. 1):

1) оценить вклад отдельных загрязняющих веществ в общее загрязнение атмосферного воздуха в %. Полученные значения округлите до целых.

2) построить круговые диаграммы, в которых сектора окружности показывают долю каждого загрязняющего вещества в общем объеме выбросов. Диаметр окружности выбрать произвольный.

3) охарактеризовать, как изменилась масса выбросов отдельных загрязняющих веществ в 2024 г. по сравнению с 2014 г.?

Таблица 1 – Выбросы наиболее распространенных загрязняющих атмосферу веществ, отходящих от стационарных источников, по РФ (тыс. т)

Год	Всего	в том числе						
		твердые вещества	газообразные и жидкие вещества					
			диоксид серы	оксиды азота	оксид углерода	углеводо-роды (без ЛОС)	летучие органиче-ские соединения	прочие
2014	17451,9	1922,2	4036,3	1805,5	4938,4	3251,0	1340,0	158,5
2024	17092,2	1716,0	2891,8	2009,0	5284,4	3605,5	1437,2	148,3

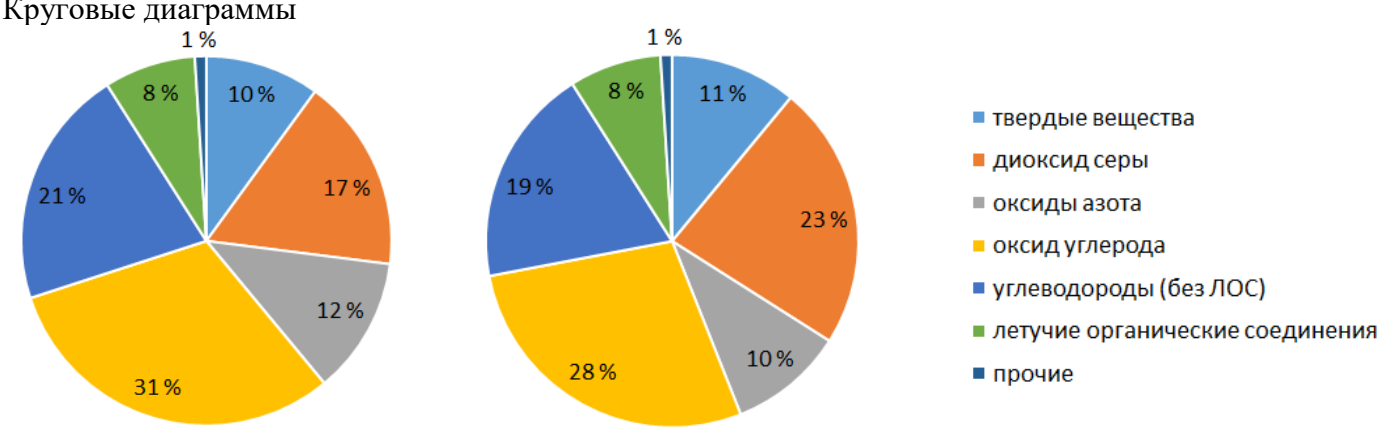
Решение.

1. Расчет вклада загрязняющих веществ (масса вещества · 100 % / общая масса выброса).

Вклад загрязняющих веществ (%)

Год	Всего	в том числе						
		твердые вещества	газообразные и жидкие вещества					
			диоксид серы	оксиды азота	оксид углерода	углеводо-роды (без ЛОС)	летучие органиче-ские соединения	прочие
2014	17451,9	11	23	10	28	19	8	1
2024	17092,2	10	17	12	31	21	8	1

2. Круговые диаграммы



за 2014 год за 2024 год

3. В 2024 г по сравнению с 2014 г

- не изменились доли ЛОС и прочих загрязняющих веществ,
- уменьшились доли твердых веществ и диоксида серы,
- возросли доли оксида азота, оксида углерода и углеводородов (без ЛОС).

Критерии оценивания:

- правильно рассчитан вклад одного загрязняющего вещества для 2014 г. – 0,5 баллов (всего максимально 3,5 баллов),
- правильно рассчитан вклад одного загрязняющего вещества для 2024 г. – 0,5 баллов (всего максимально 3,5 баллов),
- нарисована диаграмма для 2014 г – 1 балла,
- нарисована диаграмма для 2024 г – 1 балла,
- охарактеризовано изменение ситуации – 1 балл.

Диаграммы могут быть нарисованы не слишком точно, главное, чтобы правильно отражали вклады отдельных загрязняющих веществ в общий выброс.

Итого: 10 баллов

Задание 2. (20 баллов)

Оцените уровни загрязнения почв тяжелыми металлами на трех участках города по суммарному показателю загрязнения. Фоновое содержание данных загрязняющих веществ и результаты анализа проб почв участков представлены в таблице 2. Укажите участок с наибольшим уровнем загрязнения. Как вы думаете, какие причины привели к такому загрязнению?

Таблица 2 – Содержание загрязняющих веществ в почве (мг/кг)

Загрязняющее вещество (ЗВ)	Cu	Co	Pb	Zn	Mn	Cd	Ni	Fe
Участок 1 (возле автомагистрали)	7,80	12,54	59,80	54,00	333,30	0,20	82,50	16085,00
Участок 2 (возле предприятия свинцово-цинкового производства)	21,00	1,20	133,70	200,00	395,70	0,40	23,50	19220,30
Участок 3 (в жилом районе)	6,70	5,30	29,50	53,40	294,10	0,20	22,20	15609,50
Региональное фоновое содержание ЗВ в почве, мг/кг	93,84	9,13	11,21	35,18	412,10	2,29	35,56	5852,00

Суммарный показатель загрязнения равен сумме коэффициентов концентраций химических элементов-загрязнителей и выражен формулой:

$$Z_c = \sum_{i=1}^{N}(K_{ci}) - (n - 1), \quad (1)$$

где K_{ci} – коэффициент концентрации i-го химического вещества, определяется как отношение фактического содержания определяемого вещества в почве (C_i) в мг/кг почвы к региональному фоновому ($C_ф$);

n – число учитываемых ингредиентов.

При расчете Z_c используют только те химические вещества, у которых наблюдается превышение фактической концентрации над фоновой, т.е. $K_{ci} > 1$.

При нахождении K_{ci} результаты округлите до сотых.

Ориентировочная оценочная шкала опасности загрязнения почв по суммарному показателю загрязнения представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Ориентировочная оценочная шкала опасности загрязнения почв по суммарному показателю загрязнения (согласно СанПин 1.2.3685-21)

Величина Z_c	< 16	16–32	32–128	> 128
Категория загрязнения почв	допустимая	умеренно опасная	опасная	чрезвычайно опасная

Решение.
1. Находим $К_{ci} = C_i/C_ф$

$К_{ci}$

Загрязняющее вещество (ЗВ)	Cu	Co	Pb	Zn	Mn	Cd	Ni	Fe
участок 1	0,08	**1,37**	**5,33**	**1,53**	0,81	0,09	**2,32**	**2,75**
участок 2	0,22	0,13	**11,93**	**5,69**	0,96	0,17	0,66	**3,28**
участок 3	0,07	0,58	**2,63**	**1,52**	0,71	0,09	0,62	**2,67**

2. Выбираем $К_{ci} > 1$
Для участка 1, n = 5
Co – 1,37
Pb – 5,33
Zn – 1,53
Ni – 2,32
Fe – 2,75
Находим $Z_c = (1,37 + 5,33 + 1,53 + 2,32 + 2,75) – (5–1) = 9,3$
9,3 < 16 – допустимая категория загрязнения почв

Для участка 2, n = 3
Pb – 11,93
Zn – 5,69
Fe –3,28
Находим $Z_c = (11,93 + 5,69 + 3,28) – (3–1) = 18,9$
18,9 лежит в интервале 16–32 – умеренно опасная категория загрязнения почв

Для участка 3, n = 3
Pb – 2,63
Zn – 1,52
Fe – 2,67
Находим $Z_c = (2,63 + 1,52 + 2,67) – (3–1) = 4,82$
4,82 < 16 – допустимая категория загрязнения почв

Ответ.
участок 1 $Z_c = 9,3$ – допустимая категория загрязнения почв,
участок 2 $Z_c = 18,9$ – умеренно опасная категория загрязнения почв,
участок 3 $Z_c = 4,82$ – допустимая категория загрязнения почв.
Наиболее загрязнен участок 2 около металлургического предприятия (Z_c больше всех). В процесс производства (обогащение руд, обжиг концентратов) образуются отходы и выбросы, содержащие металлы, которые загрязняют почву при попадании выбросов и отходов в окружающую среду.

Критерии оценивания:
- за каждый правильно рассчитанный $К_{ci}$ – 0,5 балла (всего максимально 12 баллов),
- за каждый правильно рассчитанный Z_c – 2 балла (всего максимально 6 баллов),
- указан самый загрязненный участок – 1 балл,
- указаны причины загрязнения – 1 балл.

Итого: 20 баллов

Задание 3. (40 баллов)
Река, протекающая по территории города, используется в питьевых и хозяйственно-бытовых целях. Расход воды в реке 60 $м^3/с$.
Механический завод с гальваническим производством планирует осуществлять сброс сточных вод в реку ниже города. Для контроля за загрязнением воды реки ниже по течению места сброса сточных вод завода

будет организован контрольный створ. Расход сточных вод составит 0,4 $м^3/с$. Коэффициент смешения будет равен 0,25.
Фоновые концентрации загрязняющих веществ в речной воде и концентрации загрязняющих веществ в сточных водах завода представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Данные содержания загрязняющих веществ в сточной воде завода и в воде реки

Загрязняющее вещество (ЗВ)	Исходная концентрация ЗВ в сточной воде, мг/л	Фоновая концентрация ЗВ в воде реки, мг/л	ПДК*, мг/л
Цинк	10	0,01	5
Кадмий	0,12	0,0008	0,001
Медь	5,4	0,01	1
Никель	2,6	0,01	0,02
Железо	5,7	0,22	0,3
Олово	3,5	1,3	2
Свинец	1,8	0,007	0,01
Марганец	35	0,03	0,1
Алюминий	0,3	0,0008	0,2
Хром	0,5	0,01	0,05

Примечание: *Согласно СанПин 1.2.3685-21.

Основное уравнение смешения сточных вод с природными водами имеет вид:

$$q \cdot C_{ст} + \gamma \cdot Q \cdot C_{ф} = (q + \gamma \cdot Q) \cdot C_{к}, \quad (2)$$

где q – расход сточных вод ($м^3/с$); Q – расход воды в водотоке ($м^3/с$), $C_{ст}$ – концентрация загрязняющего вещества в сточных водах (мг/л), $C_{ф}$ – фоновая концентрация загрязняющего вещества в водотоке (мг/л), γ – коэффициент смешения, $C_{к}$ – концентрация загрязняющего вещества в расчетном (контрольном) створе (мг/л).

Для очистки сточных вод от ионов металлов в гальваническом производстве могут использовать реагентные методы, в которых растворимые в воде ионы металлов переводят в нерастворимые формы при добавлении различных реагентов, и далее полученные осадки отделяют от воды.

1. Дайте оценку санитарного состояния воды реки в контрольном створе (при удовлетворительном состоянии концентрации загрязняющих веществ в воде реки должны быть ≤ ПДК), если сточные воды будут сбрасываться без очистки.
2. До каких концентраций должно быть снижено содержание загрязняющих веществ в сточных водах в результате очистки, чтобы санитарное состояние воды в реке было удовлетворительным?
3. Определите, какая должна быть эффективность очистки сточных вод, чтобы концентрации загрязняющих веществ в очищенных сточных водах после смешения с речной водой не превышали ПДК? Ответ округлите до целых.
4. Приведите примеры двух реагентов, которые можно использовать для удаления из сточных вод ионов тяжелых металлов. Напишите химические реакции, протекающие при этом, в случае очистки сточных вод от никеля.

Решение.
1. Из уравнения (2) находим $C_{к}$ и ЗВ, у которых $C_{к}$ > ПДК.

$$C_{к} = \frac{q \cdot C_{ст} + \gamma \cdot Q \cdot C_{ф}}{q + \gamma \cdot Q}$$

Загрязняющее вещество	$C_{к}$	ПДК, мг/л
Цинк	0,2695	5
Кадмий	**0,0039**	0,001
Медь	0,15	1
Никель	**0,0773**	0,02
Железо	**0,3623**	0,3
Олово	1,3571	2

Свинец	**0,0536**	0,01
Марганец	**0,9383**	0,1
Алюминий	0,0086	0,2
Хром	0,0227	0,05

Если сточные воды будут сбрасываться без очистки, состояние воды в реке будет неудовлетворительное, так как наблюдается превышение $C_к$ над ПДК для кадмия, никеля, железа, свинца и марганца.

2. Для расчета до каких концентраций должна быть снижено содержание загрязняющих веществ в сточных водах в результате очистки, чтобы санитарное состояние воды в реке было удовлетворительным, нужно в формулу вместо $C_к$ поставить ПДК и выразить $C_{ст}^{очищ}$

$$C_{ст}^{очищ} = \frac{(q + \gamma \cdot Q) \cdot ПДК - \gamma \cdot Q \cdot C_ф}{q}$$

Для
- кадмия $C_{ст}^{очищ} = 0{,}0085$ мг/л,
- никеля $C_{ст}^{очищ} = 0{,}395$ мг/л,
- железа $C_{ст}^{очищ} = 3{,}3$ мг/л,
- свинца $C_{ст}^{очищ} = 0{,}1225$ мг/л,
- марганца $C_{ст}^{очищ} = 2{,}725$ мг/л.

3. Эффективность очистки сточных вод

$$Э = \frac{(C_{ст} - C_{ст}^{очищ}) \cdot 100}{C_{ст}}$$

Ориентировочно для
- кадмия Э = 93 %,
- никеля Э = 85 %,
- железа Э = 42 %,
- свинца Э = 93 %,
- марганца Э = 92 %.

Берем наибольшее значение, в целом эффективность очистки должна быть не меньше 93 %.

4. В качестве реагентов для удаления из сточных вод ионов тяжелых металлов используют гидроксиды кальция и натрия, карбонат натрия, реже фосфаты, сульфаты, сульфиды натрия.
$Ni^{2+} + NaOH = Na^+ + Ni(OH)_2\downarrow$ или $Ni^{2+} + KOH = K^+ + Ni(OH)_2\downarrow$
$Ni^{2+} + Na_2CO_3 = 2Na^+ + NiCO_3\downarrow$
$3Ni^{2+} + 2Na_3PO_4 = 6Na^+ + Ni_3(PO_4)_2\downarrow$
$Ni^{2+} + Na_2SO_4 = 2Na^+ + NiSO_4\downarrow$
$Ni^{2+} + Na_2S = 2Na^+ + NiS\downarrow$

Критерии оценивания:
- правильно выведена формула для расчета $C_к$ – 5 баллов,
- за каждый правильно рассчитанный $C_к$ – 1 балл (всего максимально 10 баллов),
- сделан вывод о неудовлетворительном состоянии воды в реке при сбросе стоков без очистки – 1 балл,
- правильно выведена формула для расчета $C_{ст}^{очищ}$ – 5 баллов,
- за каждый правильно рассчитанный $C_{ст}^{очищ}$ – 1 балл (всего максимально 5 баллов),
- за каждую правильно рассчитанную эффективность – 1 балл (всего максимально 5 баллов),
- правильный вывод по эффективности очистки в целом – 1 балл,
- приведен один реагент – 1 балл (за два реагента – 2 балла),
- написана химическая реакция – 3 балла (за две реакции – 6 баллов).

Итого: 40 баллов

Задание 4. (30 баллов)

Защита окружающей среды – важное дело, которое касается каждого из нас. Одна из возможностей внести свой вклад в улучшение экологической обстановки своего города – это сортировка отходов.

Система раздельного сбора (селективный сбор) отходов заключается в разделении отходов на фракции, позволяющем существенно облегчить их дальнейшую переработку или утилизацию.

И первый шаг в этом направлении – сортировка отходов в вашем доме. Однако, обычные твердые коммунальные отходы, образующиеся в каждой семье, представляют собой сложную смесь пищевых остатков, упаковки, бумаги, пластика, стекла, одежды и много другого. Понятно, что никому не хочется держать в доме несколько мусорных ведер вместо одного, чтобы заниматься селективным сбором.

Задание.

Предложите проект мусорного ведра для селективного сбора отходов объемом 30 л, которое можно будет использовать для разделения отходов в обычной квартире.

Выполнение задания.

Проектная часть

1. Разработайте оригинальный дизайн изделия, в конструкции которого будет учтено:
- возможность раздельного опорожнения секций,
- исключена возможность попадания содержимого одной внутренней секции в другую,
- присутствовать маркировка для различия секций.

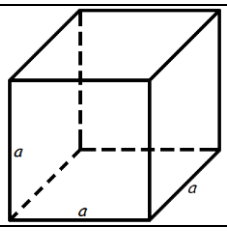
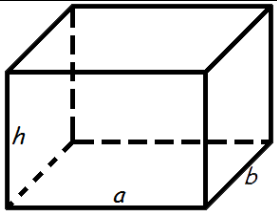
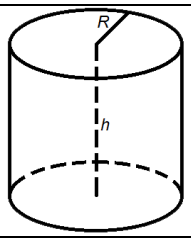
2. Приведите два эскиза (чертежа) с указанием всех необходимых размеров изготавливаемого изделия (общий вид и вид сверху).

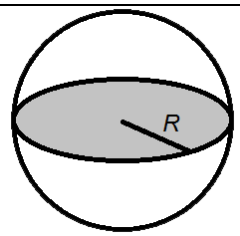
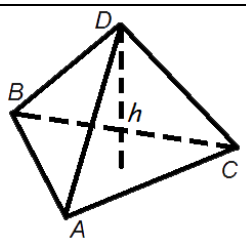
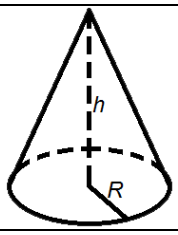
3. Напишите пояснительную записку к изделию:
- укажите количество секций и для какого типа отходов секции предназначены,
- отличия, например, конструктивные, секций друг от друга,
- устройство крышки мусорного ведра,
- как секции будут опорожняться от мусора,
- материал, из которого будут изготавливать ведро, и обоснование выбора материала.

Расчетная часть

1. Рассчитайте размеры мусорного ведра, исходя из необходимости получить заданный внутренний объем, используя геометрические формулы (табл. 5).

Таблица 5 – Формулы объема геометрических фигур [https://ru.onlinemschool.com/math/formula/volume/]

Фигура	Формула	Параметры фигуры
Куб		
	$V = a^3$	a – длина стороны куба
Прямоугольный параллелепипед		
	$V = a \cdot b \cdot h$	a – длина, b – ширина, h – высота
Цилиндр		
	$V = \pi \cdot R^2 \cdot h$	R – радиус цилиндра, h – высота цилиндра, $\pi = 3{,}14$

Шар		
	$V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3$	R – радиус шара, $\pi = 3{,}14$
Пирамида		
	$V = \frac{1}{3} \cdot S_o \cdot h$	S_o – площадь основания пирамиды, h – длина высоты пирамиды
Конус		
	$V = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot R^2 \cdot h$	R – радиус основания конуса, h – высота конуса, $\pi = 3{,}14$

Критерии оценивания:

- предложенный вариант обладает оригинальностью – 2 балла,
- предложенный вариант практически достижим – 2 балла,
- нарисованы эскизы изделия (вид сверху и вид сбоку):

а) на эскизах (чертежах) четко видно, как устроено мусорное ведро – 2 балла,
б) на эскизах (чертежах) четко видно, как мусорное ведро разделено на секции – 2 балла,
в) мусорное ведро стильно и эстетично – 2 балла,
г) на эскизе (чертеже) учтены все пожелания – 5 баллов,

- расписаны все пункты пояснительной записки – по 2 баллу за пункт (всего 10 баллов),
- рассчитаны размеры изделия (ширину или высоту выбирают произвольно, а затем исходя из вида фигуры по объему 30 л рассчитывают другой размер) – 5 баллов.

Итого. 30 баллов.