



Многопрофильная инженерная олимпиада «Звезда» «Экологическая безопасность»

9-10 классы

Заключительный этап

2024-2025

Задания, ответы и критерии оценивания

Задача № 1 (30 баллов). Для определения содержания нитрат-ионов в воде пруда был использован потенциометрический метод. По представленным данным (таблица 1) постройте градуировочный график зависимости электродного потенциала (мВ) растворов известных концентраций нитрат-ионов от десятичных логарифмов этих концентраций. Найдите по градуировочному графику содержание нитрат-ионов в исследуемой воде (моль/л, ответ округлить до пяти знаков после запятой), если электродный потенциал воды пруда при измерении содержания нитрат-ионов составил 500 мВ. Пригодна ли такая вода для разведения рыбы, если ПДК нитрат-ионов для воды водных объектов рыбохозяйственного значения (согласно Приказу Министерства сельского хозяйства РФ № 552 от 13.12.2016 г) составляет 40 мг/л. Молярная масса нитратов составляет 62 г/моль.

Таблица 1 – Данные результатов определения оптической плотности растворов нитрат-ионов

Концентрация нитрат-ионов, моль/л	0,1	0,01	0,001	0,0001	0,00001
Электродный потенциал, мВ	320	385	450	515	580

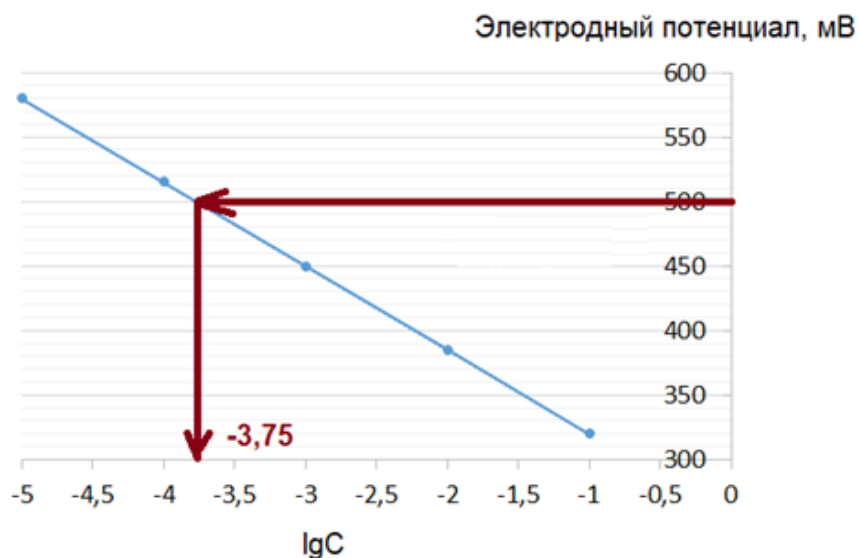
Решение.

1. нужно найти десятичные логарифмы концентрации нитрат-ионов

Концентрация нитрат-ионов, моль/л	0,1	0,01	0,001	0,0001	0,00001
lgC	-1	-2	-3	-4	-5

2. нужно построить градуировочный график (ось x – десятичный логарифм концентрации нитрат-ионов, ось y – электродный потенциал).

3. По графику, зная, что электродный потенциал исследуемой воды 500, находим lgC – ориентировочно «-3,75», а потом концентрацию $10^{-3,75}=0,00018$ моль/л



4. Переведем моль/л в мг/л

Нужно моль/л * 62 г/моль * 1000

$0,00018 \cdot 62 \cdot 1000 = 11,16$ мг/л

Сравниваем полученную концентрацию с ПДК = 40 мг/л
 $11,16 < 40$, следовательно, вода пригодна для разведения рыбы.

Или можно ПДК перевести в моль/л. Для этого
 $40 / (62 \cdot 1000) = 0,00065$ моль/л
 $0,00018 < 0,00065$, следовательно, вода пригодна для разведения рыбы.

Ответ. Содержание нитрат-ионов в воде пруда ориентировочно 0,00018 моль/л, вода пригодна для разведения рыбы.

График построен верно, ответ верный и представлено решение – 30 баллов

График построен верно, значение концентрации найдено верно, но неверен пересчет в мг/л или не верно сделано сравнение с ПДК – 20 баллов

График построен верно, но значение концентрации найдено неверно – 10 баллов

Задача № 2 (20 баллов). Произвести оценку шумового загрязнения в учебном кабинете школы, если известно, что источником шума является транспортный поток магистрали, расположенной на расстоянии в 100 м от школы. Уровень шума составляет 87 дБА. От дороги школа отделена двухрядной полосой зеленых насаждений шириной 23 м. Нормируемое значение уровня звука в учебных кабинетах составляет 40 дБА (согласно СанПин 1.2.3685-21).

Шумовое загрязнение оценивается по уровню звука в расчетной точке на территории объекта ($L_{\text{тер}}$, дБА) по формуле:

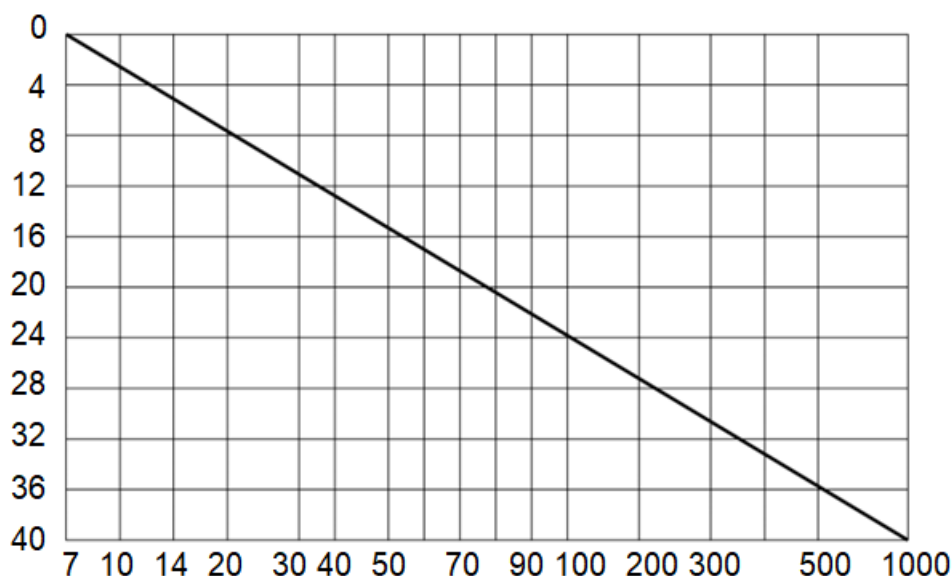
$$L_{\text{тер}} = L - \Delta L_{\text{рас}} - \Delta L_{\text{зел}},$$

где L – уровень звукового давления, создаваемого источником шума, дБА,

$\Delta L_{\text{рас}}$ – снижение уровня звука в зависимости от расстояния между источником шума и расчетной точкой, дБА (рис. 1);

$\Delta L_{\text{зел}}$ – снижение уровня звука полосами зеленых насаждений, дБА (табл. 2).

Снижение уровня шума, дБА



Расстояние от источника шума до расчетной точки, м

Рис. 1 – Снижение уровня шума в зависимости от расстояния между источником шума и расчетной точкой

Таблица 2 – Снижение уровня шума полосами зеленых насаждений

Полоса зеленых насаждений	Ширина полосы, м	Снижение уровня звука, дБА
однорядная	12	5
однорядная	18	8
двухрядная	23	10
Двух- или трехрядная	28	12

Есть ли необходимость в снижении уровня шума в учебном кабинете? Если такая необходимость есть, предложите соответствующее мероприятие.

Решение.

1. Находим по табл 2 и рис. 1 значения

$$\Delta L_{\text{рас}} = 24 \text{ дБА}$$

$$\Delta L_{\text{зел}} = 10 \text{ дБА.}$$

2. Находим уровень звука в расчетной точке

$$L_{\text{тер}} = L - \Delta L_{\text{рас}} - \Delta L_{\text{зел}} = 87 - 24 - 10 = 53 \text{ дБА}$$

3. Сравниваем полученное значение с нормируемым значением

$$53 > 40, \text{ требуется снижения уровня шума.}$$

Варианты шумозащитных мероприятий:

- установка шумозащитного забора вдоль дороги,
- сделать шумоизоляцию окон в помещении,
- увеличение ширины полосы зеленых насаждений.

Ответ. $L_{\text{тер}} = 53 \text{ дБА}$, требуется снижения уровня шума, предложен вариант шумозащитного мероприятия.

Ответ верный, представлено решение и вариант шумозащитного мероприятия – 20 баллов

Логика ведения расчетов верная, но имеются вычислительные ошибки, не представлен вариант шумозащитного мероприятия – 10 баллов

Ответ верный, не представлено решение – 5 баллов.

Задача № 3 (20 баллов). При определении общей жесткости 100 мл воды из реки на титрование было потрачено 5,5 мл 0,1 н раствора ЭДТА. Вычислите общую жесткость воды ($1 \text{ мг-экв/л} = 1 \text{ }^\circ\text{Ж}$).

Оцените жесткость исследуемой воды по одной из классификаций:

- мягкая вода – менее $2 \text{ }^\circ\text{Ж}$,
- вода средней жёсткости – $2\text{--}10 \text{ }^\circ\text{Ж}$,
- жёсткая вода – более $10 \text{ }^\circ\text{Ж}$.

Решение.

1. Общая жесткость воды рассчитывается по формуле

$$\text{Щ}_0 = (N \cdot V \cdot 1000) / V_{\text{в}}, \text{ мг-экв/л}$$

где V – количество кислоты, израсходованной на титрование 1000 мл воды, мл;

N – нормальность раствора кислоты,

$V_{\text{в}}$ – объем воды, пошедший на титрование, мл.

$$\text{Щ}_0 = (0,1 \cdot 5,5 \cdot 1000) / 100 = 5,5 \text{ мг-экв/л}$$

$1 \text{ мг-экв/л} = 1 \text{ }^\circ\text{Ж}$, т.е. общая жесткость исследуемой воды = $5,5 \text{ }^\circ\text{Ж}$.

2. 5,5 °Ж соответствует воде средней жесткости.

Ответ. Общая жесткость = 5,5 °Ж. Вода средней жесткости.

Ответ верный, представлено решение – 20 баллов

Логика ведения расчетов верная, но имеются вычислительные ошибки – 10 баллов

Ответ верный, не представлено решение – 5 баллов.

Задача № 4 (30 баллов). Оцените уровень загрязнения почвы города химическими веществами по суммарному показателю загрязнения (табл. 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

Содержание загрязняющих веществ в городской почве представлено в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание загрязняющих веществ в почве

Загрязняющее вещество (ЗВ)	Cr	Zn	Ni	V	Cu	Co
Содержание ЗВ в почве, мг/кг	75	202	10	34,8	278	25
Региональное фоновое содержание Зв в почве, мг/кг	140	49	17	72	23	10

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

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

где K_{ci} – коэффициент концентрации i -го химического вещества, определяется отношением фактического содержания определяемого вещества в почве (C_i) в мг/кг почвы к региональному фоновому (C_{ϕ}),

n – число определяемых суммируемых веществ.

При нахождении K_c результаты округлите до сотых.

Решение.

1. Находим $K_{ci} = C_i / C_{\phi}$

Загрязняющее вещество (ЗВ)	Cr	Zn	Ni	V	Cu	Co
K_{ci}	$75/140=$ 0,54	$202/49=$ 4,12	$10/17=$ 0,59	$34,8/72=$ 0,48	$278/23=$ 12,09	$25/10=$ 2,5

2. Находим $Z_c = (0,54 + 4,12 + 0,59 + 0,48 + 12,09 + 2,5) - (6 - 1) = 15,32$

3. $15,32 < 16$ – допустимая категория загрязнения почв

Ответ. $Z_c = 15,32$, допустимая категория загрязнения почв.

Ответ верный и представлено решение – 30 баллов

Логика ведения расчетов верная, но имеются вычислительные ошибки – 15 баллов

Ответ верный, не представлено решение – 10 баллов