

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Биотехнологический профиль
Междисциплинарные задачи
11 класс, вариант №1

Задача 1.

_____ – гормон белковой природы, синтезируется β клетками островков Лангерганса _____ железы. Основное действие заключается в углеводном обмене, во всех тканях организма. Стимулирует образование в печени и мышцах _____, который является основным запасным углеводом животной клетки и основной формой хранения глюкозы. Молекула образована двумя _____ цепями, содержащими 51 аминокислотных остатка. Цепи соединены между собой двумя _____ мостиками.

Ответ: Инсулин, поджелудочной, гликогена, полипептидными (пептидными), дисульфидными.

Задача 2.

Синезелёные водоросли рода *Arthrospira* успешно культивируются и используются в качестве продуктов питания, представляют собой перспективный источник ненасыщенных жиров, витаминов и даже белков.

Будучи экстремофилами, эти цианобактерии требуют солёную щелочную среду для размножения, любят тепло и обилие солнечного света.

В северных широтах, однако, большую часть года наблюдается дефицит как тепла, так и света.

Культивируются они в биореакторах, которые хорошо пропускают солнечные лучи. Наилучшие результаты прироста биомассы показываются при применении трубчатого реактора (рис. 1).

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Биотехнологический профиль
Междисциплинарные задачи
11 класс, вариант №1

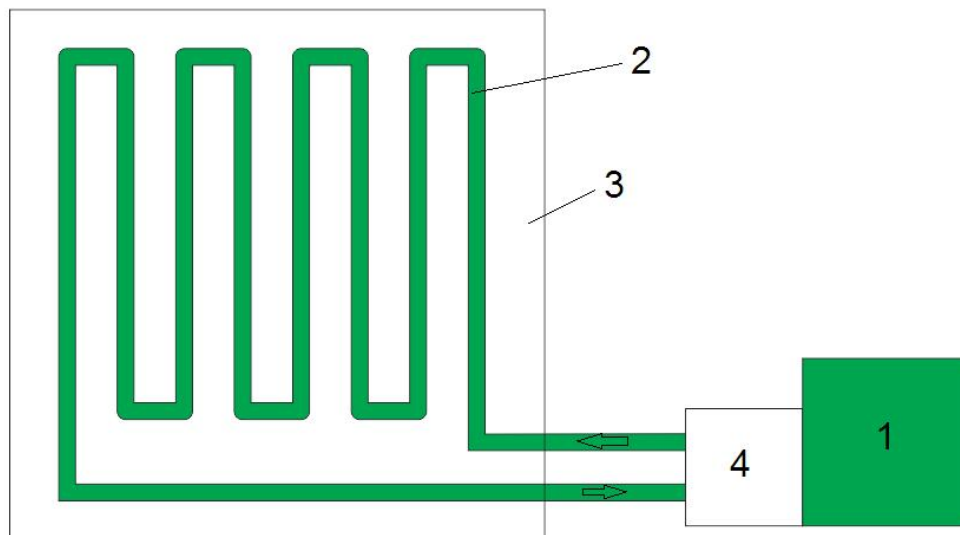


Рисунок 1. Схема трубчатого реактора

1 – резервуар для культуральной жидкости; 2 – трубки; 3 – стенд для крепления трубок; 4 – насос

Днём культуральная жидкость циркулирует по трубкам, освещаясь солнцем, а цианобактерии в ней фотосинтезируют глюкозу и наращивают свою биомассу. Ночью же насосы отключаются, и среда под действием гравитации стекает в изолированный резервуар для предотвращения теплопотерь. Важно отслеживать энергетические параметры, ведь жизнедеятельность этих организмов прекращается уже при охлаждении до 15 °С, и тогда все дальнейшие расчеты теряют смысл.

К 99 л водной среды для культивирования температурой 20 °С был добавлен 1 кг цианобактерий. Среда прокачивалась через реактор в течение трёх световых дней ($t=9$ ч), после чего урожай был собран для оценки пригодности установки (предприятие начинает быть рентабельным при пятикратном увеличении биомассы). Данные о температуре окружающей среды представлены в таблице 1.

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Биотехнологический профиль
Междисциплинарные задачи
11 класс, вариант №1

Таблица 1. Температурные данные

День	Средняя температура световой ночи, °С	Накопленная за день энергия, кДж
1	15.7	85465
2	16.6	103789
3	13.8	22154

Учитывая, что удельная теплоёмкость среды C_p равна $4,03 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, коэффициент теплопередачи K_t равен $196,86 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}\cdot\text{К}^2}$ а прирост биомассы за день K_m составляет $0,036 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, определите энергетический баланс установки и рентабельность предприятия.

Примечание: теплотери пропорциональны разности температур, обратите внимание на размерности величин.

Решение:

Испытание представляет собой версию задачи про сосуд с двумя трубами. По сути, требуется вычислить поступление и расход энергии в систему.

1. Вычислим тепловую энергию системы в начале работы.

$$E = C_p \cdot m \cdot T = 4,03 \cdot 100 \cdot 293,15 = 118139,45 \text{ кДж}$$

2. Составим уравнение передачи тепла системой.

$$E_- = K_t \cdot (T_{i-1} - T_i) \cdot m$$

3. Рассчитаем цепочку изменения энергии и температуры системы:

$$T_i = \frac{E_{(i-1)} + E_{+i} - E_{-i}}{C_p \cdot m} - 273,15 \text{ } ^\circ\text{C}$$

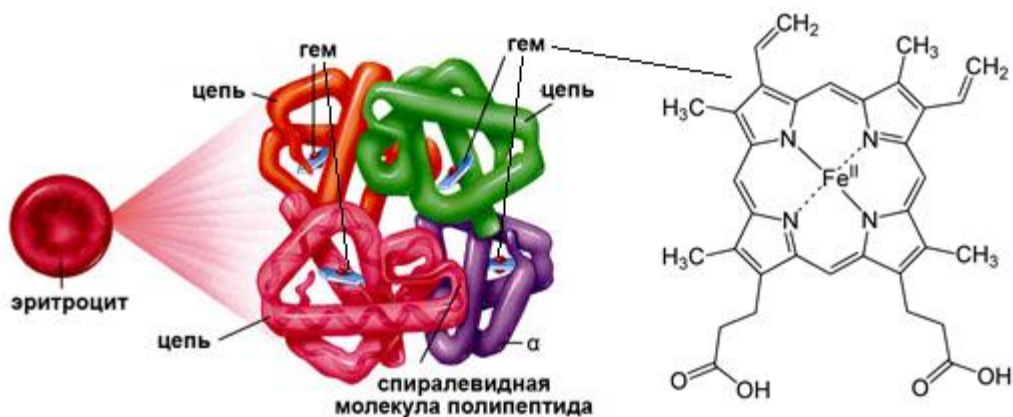
**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Биотехнологический профиль
Междисциплинарные задачи
11 класс, вариант №1

Сведём данные в таблицу

День	E-, кДж	T, °C
1	84649.8	22
2	106753.8	14.7
3	17487.4	26.3

4. Видим гибель системы на второй день. Игнорируя второй и третий, рассчитываем прирост биомассы. $m = Km \cdot (E_1 - E_0) = 29.3 \equiv 3\%$.
5. Делаем вывод об отсутствии рентабельности.

Задача 3.



Гемоглобин – белок, способный обратимо связываться с кислородом, образуя оксигемоглобин и обеспечивая его перенос в ткани. Гемоглобин состоит из четырех субъединиц, соединенных с четырьмя молекулами гема. Атом железа в молекуле гема способен связываться с одной молекулой кислорода. 1 эритроцит содержит 30 пикограмм гемоглобина, 1 л крови человека содержит 5×10^{12} эритроцитов, молярная масса гемоглобина 67000 г/моль.

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Биотехнологический профиль
Междисциплинарные задачи
11 класс, вариант №1

1. Запишите схему реакции между гемоглобином и кислородом в упрощенном виде.
2. Рассчитайте массу гемоглобина в граммах, которое содержится в 1 литре крови.
3. Рассчитайте, объем кислорода в литрах, который может быть перенесен 1 литром крови. Ответ округлите до одного знака после запятой.
4. В каком объеме воздуха содержится такой объем кислорода? Ответ округлите до двух знаков после запятой.
5. Объем вдоха составляет 500 мл. Промежуток между повторным вдохом равен 5с. Коэффициент усвоения кислорода 0,2. Определите за сколько секунд будет израсходован объем кислорода из третьего пункта задачи, если человек дышит обычным воздухом.

Ответ: $1 \text{ гемоглобин} + 4\text{O}_2 = 1 \text{ оксигемоглобин}$; 150; 0,2; 0,95; 50.

Решение:

1. $1 \text{ гемоглобин} + 4\text{O}_2 = 1 \text{ оксигемоглобин}$

2. $m_{\text{гемоглобина в 1 л крови}} = 5 \times 10^{12} \times 30 \times 10^{-12} = 150 \text{ (г)}$

3. $n_{\text{гемоглобина}} = 150 / 67000 = 0,002 \text{ (моль)}$

$V_{\text{кислорода}} = 0,002 \times 22,4 \times 4 = 0,2 \text{ (л)}$

4. $V_{\text{воздуха}} = 0,2 / 0,21 = 0,95 \text{ (л)}$

5. $V_{\text{св. кислорода за 1 вдох}} = 0,5 \times 0,21 \times 0,2 = 0,021 \text{ (л)}$

$X_{\text{кол-во вдохов}} = 0,2 / 0,021 = 10 \text{ (вдохов)}$

$t = 10 \times 5 = 50 \text{ (с)}$

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Биотехнологический профиль
Междисциплинарные задачи
11 класс, вариант №2

Задача 1.

Кальцитонин – гормон белковой природы, синтезируется парафолликулярными клетками _____ железы. Принимает участие в регуляции фосфорно-кальциевого обмена, понижая их концентрации в крови. Молекула состоит из одной линейной цепи, длинной в 32 _____ остатка и представляет собой α _____. _____, кодирующий гормон, состоит из 5 интронов и 6 _____.

Ответ: щитовидной, аминокислотных, спираль, Ген, экзонов.

Задача 2.

Синезелёные водоросли рода *Arthrospira* успешно культивируются и используются в качестве продуктов питания, представляют собой перспективный источник ненасыщенных жиров, витаминов и даже белков.

Будучи экстремофилами, эти цианобактерии требуют солёную щелочную среду для размножения, любят тепло и обилие солнечного света.

В северных широтах, однако, большую часть года наблюдается дефицит как тепла, так и света.

Культивируются они в биореакторах, которые хорошо пропускают солнечные лучи. Наилучшие результаты прироста биомассы показываются при применении трубчатого реактора (*рис. 1*).

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Биотехнологический профиль
Междисциплинарные задачи
11 класс, вариант №2

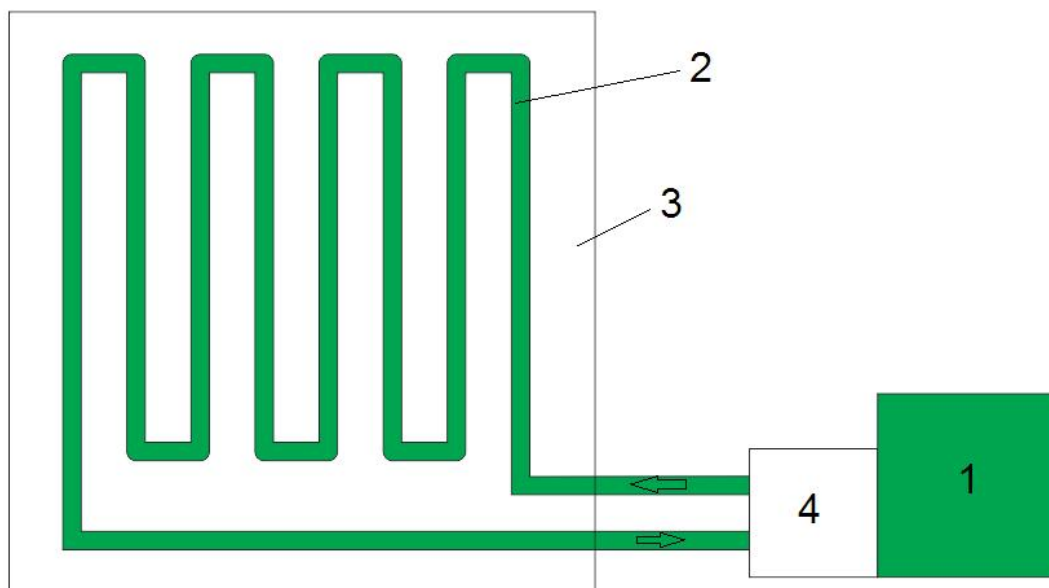


Рисунок 1. Схема трубчатого реактора

1 – резервуар для культуральной жидкости; 2 – трубки; 3 – стенд для крепления трубок; 4 – насос

Днём культуральная жидкость циркулирует по трубкам, освещаясь солнцем, а цианобактерии в ней фотосинтезируют глюкозу и наращивают свою биомассу. Ночью же насосы отключаются, и среда под действием гравитации стекает в изолированный резервуар для предотвращения теплопотерь. Важно отслеживать энергетические параметры, ведь жизнедеятельность этих организмов прекращается уже при охлаждении до 15 °С, и тогда все дальнейшие расчеты теряют смысл.

К 99 л водной среды для культивирования температурой 20 °С был добавлен 1 кг цианобактерий. Реактор прокачивал среду в течение трёх световых дней ($t=9$ ч), после чего урожай был собран для оценки пригодности установки (предприятие начинает быть рентабельным при пятикратном увеличении биомассы). Данные о температуре окружающей

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Биотехнологический профиль
Междисциплинарные задачи
11 класс, вариант №2

среды представлены в таблице 1, спектральные характеристики солнечного света даны на *рис. 2*.

Таблица 1. Температурные данные

День	КПД солнечного потока, %	Ночные потери температуры, кДж
1	75	169657
2	65	151228
3	81	179557

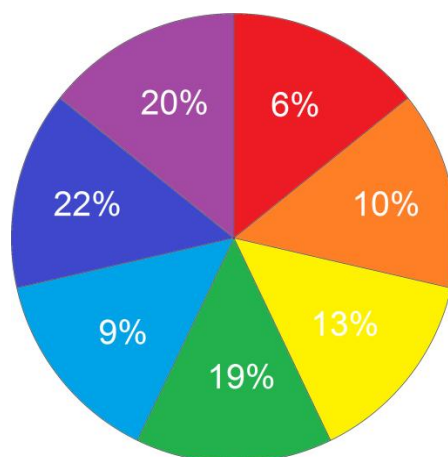


Рисунок 2. Распределение энергии в солнечном спектре. Обратите внимание на цвет цианобактерий.

Учитывая, что освещаемая площадь реактора S равна 15 м^2 , солнечная постоянная G_{sc} равна $578 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$, удельная теплоёмкость среды C_p равна $4,03 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$, а прирост биомассы за день K_m составляет $0.036 \frac{\text{г}}{\text{кДж}}$, определите энергетический баланс установки и рентабельность предприятия.

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Биотехнологический профиль
Междисциплинарные задачи
11 класс, вариант №2

Примечание: при построении формулы обратите отдельное внимание на размерности всех приведенных констант.

Решение:

Испытание представляет собой вариант задачи про сосуд с двумя трубами. По сути, требуется вычислить поступление и расход энергии в систему.

1. Вычислим тепловую энергию системы в начале работы.

$$E = C_p \cdot m \cdot T = 4,03 \cdot 100 \cdot 293,15 = 118139,45 \text{ кДж.}$$

2. Составим уравнения поглощения тепла системой.

$$E_+ = G_{SC}(100 - 19)\% \cdot S \cdot t \cdot 3600/1000 \cdot КПД_i$$

3. Рассчитаем цепочку изменения энергии и температуры системы:

$$T_i = \frac{E_{(i-1)} + E_{+i} - E_{-i}}{C_p \cdot m} - 273,15 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Сведём данные в таблицу

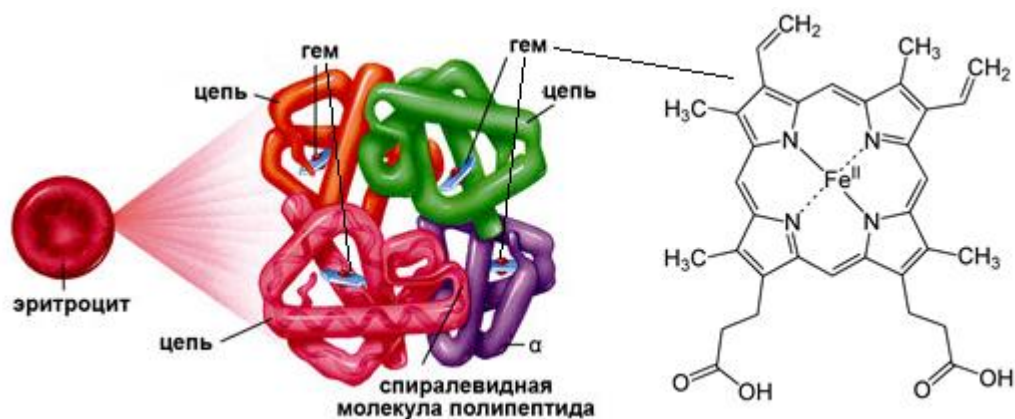
День	E_+ , кДж	T , $^\circ\text{C}$
1	170651.6	22.5
2	147898.1	14.2
3	184303.7	26

4. Видим гибель системы на второй день. Игнорируя второй и третий, рассчитываем прирост биомассы. $m = Km \cdot (E_1 - E_0) = 35,8 \equiv 3\%$.

5. Делаем вывод об отсутствии рентабельности.

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Биотехнологический профиль
Междисциплинарные задачи
11 класс, вариант №2

Задача 3.



Карбоксигемоглобин – прочное соединение гемоглобина с оксидом углерода (II). В норме содержание карбоксигемоглобина в организме человека не превышает 3%. Гемоглобин состоит из четырех субъединиц, соединенных с четырьмя молекулами гема. Атом железа в молекуле гема способен связываться с одной молекулой угарного газа. 1 эритроцит содержит 30 пикограмм гемоглобина, 5 л крови человека содержит 25×10^{12} эритроцитов, молярная масса карбоксигемоглобина 67000 г/моль.

1. Запишите схему реакции между гемоглобином и оксидом углерода (II) в упрощенном виде.
2. Рассчитайте массу карбоксигемоглобина в граммах, которое содержится в 5 литрах крови.
3. Рассчитайте, объем оксида углерода (II) в литрах, который может быть безопасно перенесен 5 литрами крови. Ответ округлите до двух знаков после запятой.
4. В каком объеме воздуха содержится такой объем оксида углерода (II)? Если в норме содержание CO в воздухе 0,01%.
5. Объем вдоха составляет 1500 мл. Промежуток между повторным вдохом равен 2с. Коэффициент усвоения угарного газа 0,85.

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Биотехнологический профиль
Междисциплинарные задачи
11 класс, вариант №2

Определите за сколько секунд будет израсходован объем угарного газа из третьего пункта задачи, если человек дышит обычным воздухом.

Ответ: 1 гемоглобин + 4СО = 1 карбоксигемоглобин; 22,5; 0,03; 400; 3138.

Решение:

1. гемоглобин + 4СО = 1 карбоксигемоглобин

2. $m_{\text{карбоксигемоглобина в 5 л крови}} = 25 \times 10^{12} \times 30 \times 10^{-12} \times 0,03 = 22,5 \text{ (г)}$

3. $n_{\text{карбоксигемоглобина}} = 22,5 / 67000 = 0,0003 \text{ (моль)}$

$V_{\text{угарного газа}} = 0,0003 \times 22,4 \times 4 = 0,03 \text{ (л)}$

4. $V_{\text{воздуха}} = 0,03 / 0,0001 = 300 \text{ (л)}$

5. $V_{\text{усв. уг. газа за 1 вдох}} = 1,5 \times 0,0001 \times 0,85 = 0,0001275 \text{ (л)}$

$X_{\text{кол-во вдохов}} = 0,2 / 0,0001275 = 1569 \text{ (вдохов)}$

$t = 1569 \times 2 = 3138 \text{ (с)}$