

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ  
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**  
**Заключительный этап**  
**Химико-биотехнологический профиль**  
**Междисциплинарные задачи**  
**11 класс**

---

**Вариант 1**

**Задача 1.**

Заполните пропуски в предложениях подходящими терминами.

Выделяют три класса данных материалов. Типичные представители первого класса — (1), их мономерами являются аминокислоты. Представители другого класса — (2) и (3). (2), например полиакрилаты, деформируются необратимо, а (3) — деформируются обратимо. Обратимая, упругая деформация подчиняется закону (4). Если смесь из (3) и различных ингредиентов подвергают повышенной температуре, получают резины. Этот процесс называется (5).

**Задача 2.**

Экзополисахариды (ЭПС) занимают особое место среди биополимеров бактериального происхождения: они хорошо зарекомендовали себя в медицине, ветеринарии, нефтяной и пищевой промышленности и сельском хозяйстве. Одним из продуцентов экзополисахаридов является молочнокислая бактерия *Lactococcus lactis* В-1662. Биотехнологи в своих исследованиях стремятся подобрать оптимальные условия для данного продуцента, чтобы бактерия давала максимальный выход экзополисахаридов, варьируя, например, состав питательной среды.

1) При выращивании культуры на питательных средах, содержащих в качестве источника углерода лактозу, глюкозу или сахарозу были получены разные результаты по накоплению в них ЭПС. Рассчитайте выход ЭПС в мг/л в каждом случае, если известно, что культивирование проводили в жидкой

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ  
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**  
**Заключительный этап**  
**Химико-биотехнологический профиль**  
**Междисциплинарные задачи**  
**11 класс**

питательной среде объемом 100 мл. Ответ дайте в виде целых чисел. Какой источник углерода способствует максимальному выходу ЭПС?

| Источник углерода | Масса пустого фильтра, г | Масса фильтра с ЭПС, г |
|-------------------|--------------------------|------------------------|
| Лактоза           | 0,0850                   | 0,1317                 |
| Глюкоза           | 0,0842                   | 0,1529                 |
| Сахароза          | 0,0845                   | 0,1598                 |

2) Рассчитайте, какую навеску углевода надо взять для приготовления питательной среды, если вам нужно приготовить 300 мл среды, содержащей 2,5 масс.об.% выбранного углевода. Ответ дайте в граммах с точностью до десятых.

Примечание: Массовый объёмный процент (масс.об.%) — это отношение количества грамм растворённого вещества к объёму всего раствора (мл), умноженное на 100%.

3) Рассчитайте, какой объем твин-80 надо взять для приготовления 300 мл питательной среды, содержащей 0,1 масс.об.% твин-80. Плотность твин-80 составляет 1,064 г/мл. Ответ дайте в миллилитрах с точностью до тысячных.

4) Рассчитайте среднее значение выхода ЭПС в мг/л исходя из результатов 10 экспериментов для объема питательной среды 500 мл. Ответ дайте в виде целого числа.

| № | Масса, г | № | Масса, г |
|---|----------|---|----------|
| 1 | 0,2340   | 6 | 0,2289   |
| 2 | 0,2456   | 7 | 0,2432   |
| 3 | 0,2312   | 8 | 0,2486   |
| 4 | 0,2398   | 9 | 0,2469   |

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ  
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**  
**Заключительный этап**  
**Химико-биотехнологический профиль**  
**Междисциплинарные задачи**  
**11 класс**

|   |        |    |        |
|---|--------|----|--------|
| 5 | 0,2502 | 10 | 0,2318 |
|---|--------|----|--------|

5) Рассчитайте процентное содержание моносахаридов, входящих в состав ЭПС *Lactococcus lactis* В-1662, если для анализа было взято 125 мг образца ЭПС. Ответ дайте с точностью до сотых.

| Моносахарид | Содержание, мг |
|-------------|----------------|
| Глюкоза     | 57,3           |
| Ксилоза     | 60,5           |
| Рамноза     | 7,2            |

**Задача 3.**

Одной из причин ограничения роста может быть недостаток пищи (лимитирование по субстрату на языке микробиологии). Из микробиологических исследований известно, что в условиях лимитирования по субстрату скорость роста растёт пропорционально концентрации субстрата, а при избытке субстрата выходит на постоянную величину, определяемую генетическими возможностями популяции.

Зависимость скорости роста микроорганизмов от концентрации субстрата описывается уравнением Моно (1).

$$\mu = \mu_{\max} \frac{[S]}{K_s + [S]} \quad (1)$$

$\mu$  — удельная скорость роста микроорганизмов

$\mu_{\max}$  — максимальная удельная скорость роста микроорганизмов

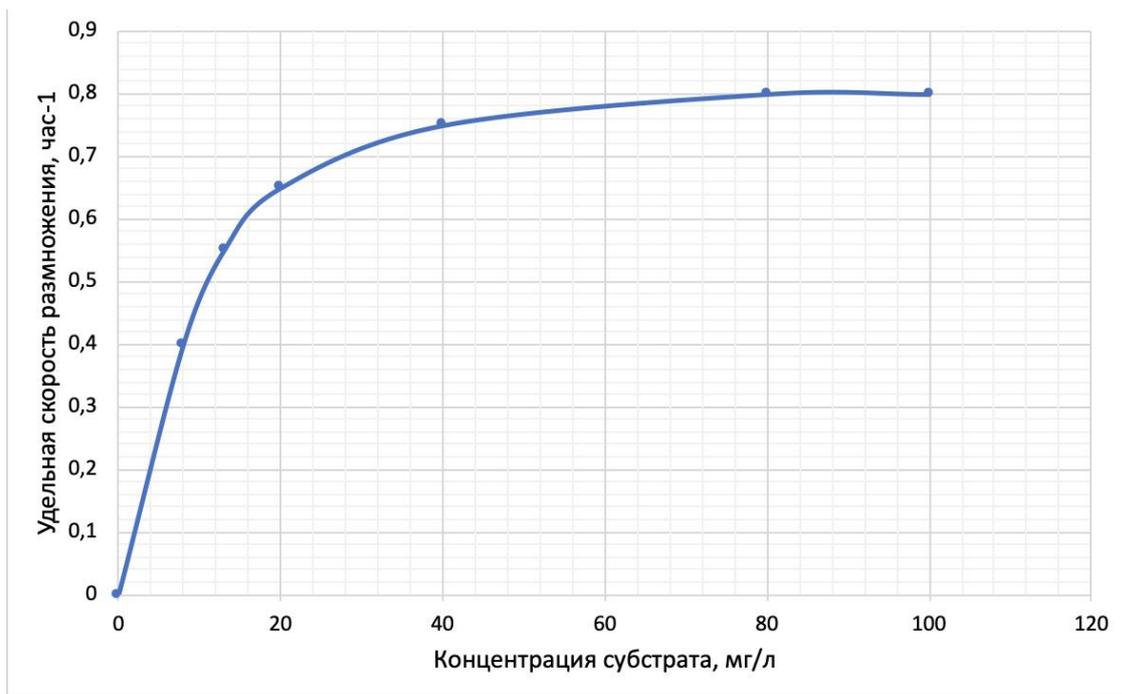
$[S]$  — концентрация субстрата

$K_s$  — константа насыщения субстратом

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ  
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**  
Заключительный этап  
Химико-биотехнологический профиль  
Междисциплинарные задачи  
11 класс

---

На рисунке представлен график, отражающий эмпирические данные, полученные при изучении процесса культивирования *E. coli* на среде с глицерином (модель Моно).



- 1) Опишите приведённый на рисунке график
- 2) Определите графически константу насыщения субстрата, учитывая, что константа численно равна такой концентрации субстрата, при которой удельная скорость равна половине её максимальной удельной скорости роста

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ  
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**  
Заключительный этап  
**Химико-биотехнологический профиль**  
Междисциплинарные задачи  
**11 класс**

---

микроорганизмов. Константа насыщения определяется в тех же единицах измерения, что и концентрация субстрата.

3) Рассчитайте удельную скорость роста микроорганизмов при концентрации субстрата 45 мг/л. Ответ округлите до сотых.

4) Определите минимальное время генерации *E. coli* (время, необходимое для удвоения клеток популяции), учитывая, что эта величина определяется по формуле (2). Ответ выразите в минутах и округлите до целых.

$$\square = \frac{0,693}{\square} \quad (2)$$

5) Определите стехиометрический выход биомассы *E. coli* при потреблении глицерина. Стехиометрический выход определяется отношением С-моль биомассы к С-моль субстрата и измеряется в долях или процентах. Справочное: С-моль биомассы —  $\text{CH}_{1,8}\text{O}_{0,5}\text{N}_{0,2}$ ; С-моль глицерина —  $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$ . Ответ выразите в долях и округлите до десятых.

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ  
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

Заключительный этап  
Химико-биотехнологический профиль  
Междисциплинарные задачи  
11 класс

---

Вариант 2

**Задача 1.**

Заполните пропуски в предложениях подходящими терминами.

Эти материалы относятся к особому классу органических соединений, макромолекулы которых имеют большую \_\_\_\_\_(1)\_\_\_\_\_ (1)\_\_\_\_\_. Большинство этих материалов получают в процессе \_\_\_\_\_(2)\_\_\_\_\_. Например, в процессе \_\_\_\_\_(2)\_\_\_\_\_ бутадиена-1,3 получают бутадиеновый \_\_\_\_\_(3)\_\_\_\_\_, который широко используется для производства автомобильных шин и конвейерных лент. Однако, эти материалы образуются и в природе. Например, в процессе биосинтеза образуется \_\_\_\_\_(4)\_\_\_\_\_ — гомополисахарид, большое количество которого содержится в хлопке. \_\_\_\_\_(4)\_\_\_\_\_ способна \_\_\_\_\_(5)\_\_\_\_\_, то есть переходить из жидкого агрегатного состояния в твёрдое.

**Задача 2.**

Экзополисахариды (ЭПС) занимают особое место среди биополимеров бактериального происхождения: они хорошо зарекомендовали себя в медицине, ветеринарии, нефтяной и пищевой промышленности и сельском хозяйстве. Одним из продуцентов экзополисахаридов является молочнокислая бактерия *Lactococcus lactis* В-1662. Биотехнологи в своих исследованиях стремятся подобрать оптимальные условия для данного продуцента, чтобы бактерия давала максимальный выход экзополисахаридов, варьируя, например, состав питательной среды.

1) При выращивании культуры на питательных средах, содержащих в качестве источника углерода лактозу, глюкозу или сахарозу были получены разные

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ  
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**  
**Заключительный этап**  
**Химико-биотехнологический профиль**  
**Междисциплинарные задачи**  
**11 класс**

результаты по накоплению в них ЭПС. Рассчитайте выход ЭПС в мг/л в каждом случае, если известно, что культивирование проводили в жидкой питательной среде объемом 100 мл. Ответ дайте в виде целых чисел. Какой источник углерода способствует максимальному выходу ЭПС?

| Источник углерода | Масса пустого фильтра, г | Масса фильтра с ЭПС, г |
|-------------------|--------------------------|------------------------|
| Лактоза           | 0,0854                   | 0,1330                 |
| Глюкоза           | 0,0848                   | 0,1583                 |
| Сахароза          | 0,0850                   | 0,1528                 |

2) Рассчитайте, какую навеску углевода надо взять для приготовления питательной среды, если вам нужно приготовить 250 мл среды, содержащей 2 масс.об.% выбранного углевода. Ответ дайте в граммах в виде целого числа.

Примечание: Массовый объемный процент (масс.об.%) — это отношение количества грамм растворенного вещества к объему всего раствора (мл) умноженное на 100%.

3) Рассчитайте, какой объем твин-80 надо взять для приготовления 250 мл питательной среды, содержащей 0,1 масс.об.% твин-80. Плотность твин-80 составляет 1,064 г/мл. Ответ дайте в миллилитрах с точностью до тысячных.

4) Рассчитайте среднее значение выхода ЭПС в мг/л исходя из результатов 10 экспериментов для объема питательной среды 500 мл. Ответ дайте в виде целого числа.

| № | Масса, г | № | Масса, г |
|---|----------|---|----------|
| 1 | 0,2536   | 6 | 0,2513   |
| 2 | 0,2468   | 7 | 0,2399   |

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ  
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**  
**Заключительный этап**  
**Химико-биотехнологический профиль**  
**Междисциплинарные задачи**  
**11 класс**

|   |        |    |        |
|---|--------|----|--------|
| 3 | 0,2451 | 8  | 0,2457 |
| 4 | 0,2486 | 9  | 0,2415 |
| 5 | 0,2385 | 10 | 0,2542 |

5) Рассчитайте процентное содержание моносахаридов, входящих в состав ЭПС *Lactococcus lactis* В-1662, если для анализа было взято 175 мг образца ЭПС. Ответ дайте с точностью до сотых.

| Моносахарид | Содержание, мг |
|-------------|----------------|
| Глюкоза     | 88,1           |
| Ксилоза     | 77,4           |
| Рамноза     | 9,5            |

**Задача 3.**

Одной из причин ограничения роста может быть недостаток пищи (лимитирование по субстрату на языке микробиологии). Из микробиологических исследований известно, что в условиях лимитирования по субстрату скорость роста растет пропорционально концентрации субстрата, а при избытке субстрата выходит на постоянную величину, определяемую генетическими возможностями популяции.

Зависимость скорости роста микроорганизмов от концентрации субстрата описывается уравнением Моно (1).

$$\mu = \mu_{\max} \frac{[S]}{K_s + [S]} \quad (1)$$

$\mu$  — удельная скорость роста микроорганизмов

$\mu_{\max}$  — максимальная удельная скорость роста микроорганизмов

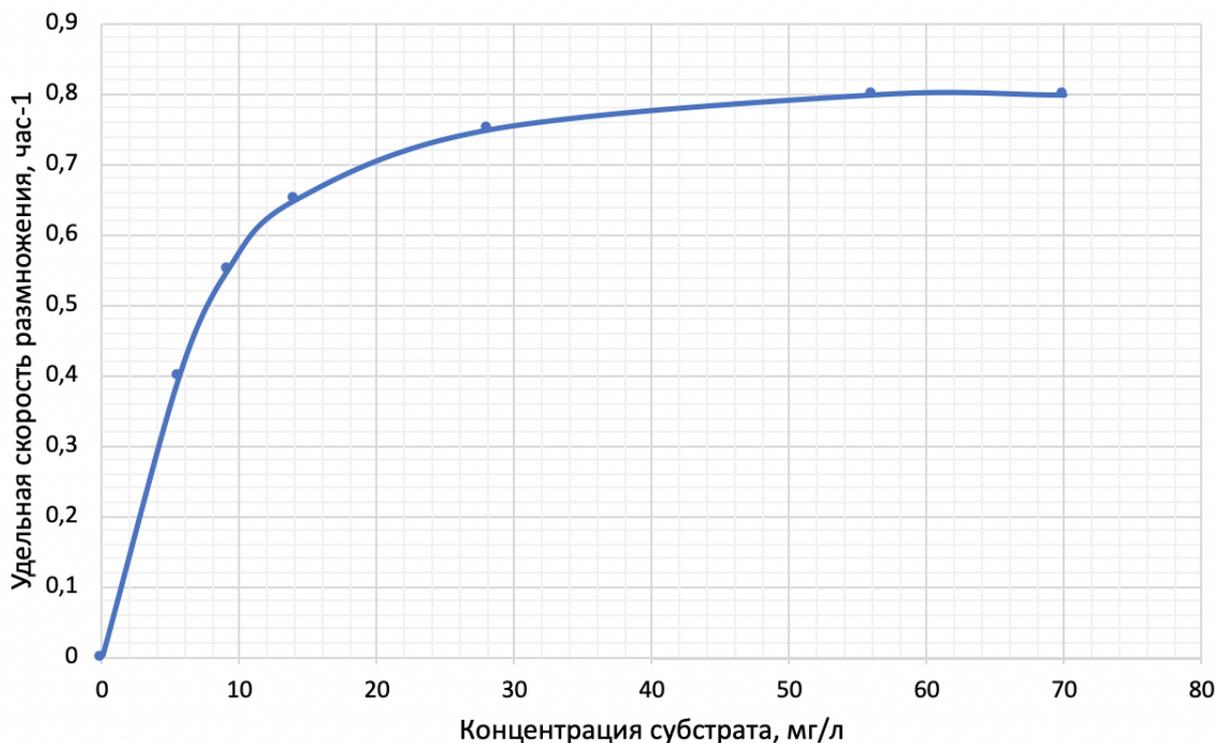
**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ  
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**  
Заключительный этап  
**Химико-биотехнологический профиль**  
Междисциплинарные задачи  
**11 класс**

---

[□] — концентрация субстрата

□□ — константа насыщения субстратом

На рисунке представлен график, отражающий эмпирические данные, полученные при изучении процесса культивирования *E. coli* на среде с глицерином (модель Моно).



- 1) Опишите приведённый на рисунке график.
- 2) Определите графически константу насыщения субстрата, учитывая, что константа численно равна такой концентрации субстрата, при которой удельная скорость равна половине её максимальной удельной скорости роста

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ  
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**  
Заключительный этап  
**Химико-биотехнологический профиль**  
Междисциплинарные задачи  
**11 класс**

---

микроорганизмов. Константа насыщения определяется в тех же единицах измерения, что и концентрация субстрата.

3) Рассчитайте удельную скорость роста микроорганизмов при концентрации субстрата 35 мг/л. Ответ округлите до сотых.

4) Определите минимальное время генерации *E. coli* (время, необходимое для удвоения клеток популяции), учитывая, что эта величина определяется по формуле (2). Ответ выразите в минутах и округлите до целых.

$$\square = \frac{0,693}{\square} \quad (2)$$

5) Определите стехиометрический выход биомассы *E. coli* при потреблении глицерина. Стехиометрический выход определяется отношением С-моль биомассы к С-моль субстрата и измеряется в долях или процентах. Справочное: С-моль биомассы —  $\text{CH}_{1,8}\text{O}_{0,5}\text{N}_{0,2}$ ; С-моль глицерина —  $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$ . Ответ выразите в долях и округлите до десятых.