

**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, получаются 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).

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

μ — удельная скорость роста микроорганизмов

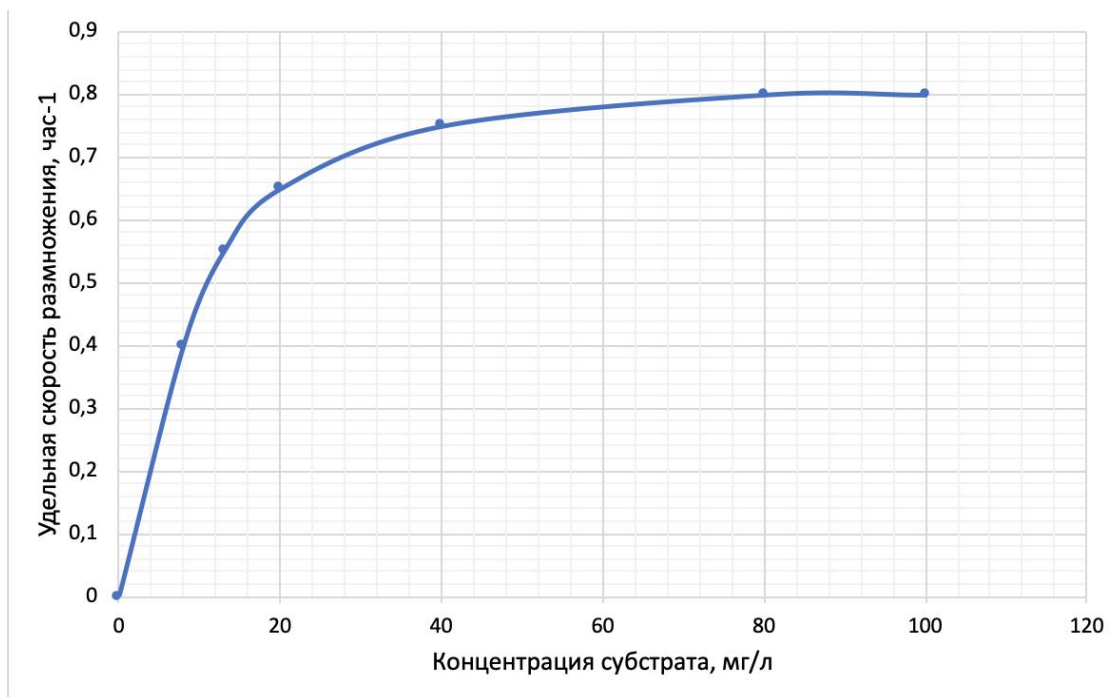
μ_{\max} — максимальная удельная скорость роста микроорганизмов

$[S]$ — 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).

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

μ — удельная скорость роста микроорганизмов

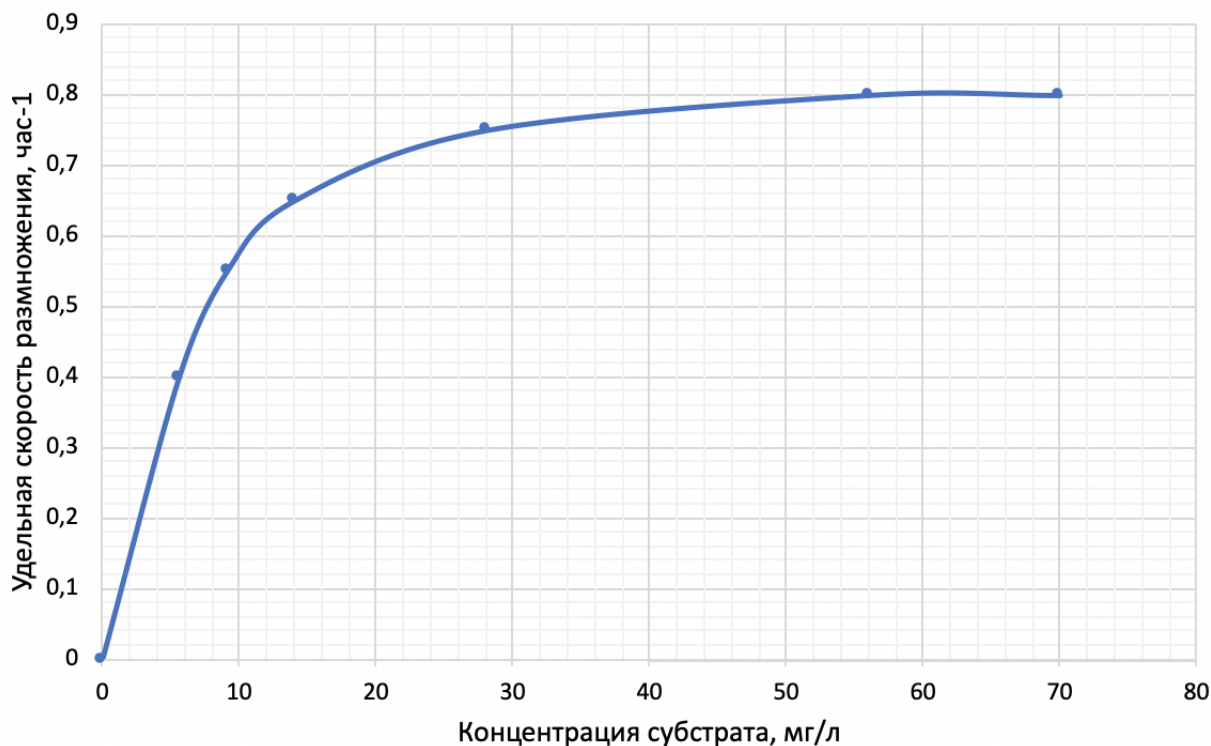
μ_{\max} — максимальная удельная скорость роста микроорганизмов

**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.