

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Институт биологии, экологии, почвоведения, сельского и лесного хозяйства  
(Биологический институт)

УТВЕРЖДЕНО:  
Директор  
Д.С. Воробьев

Оценочные материалы по дисциплине

**Промышленная биотехнология**

по направлению подготовки

**35.04.04 Агрономия**

Направленность (профиль) подготовки:  
**Инновационные технологии в АПК**

Форма обучения  
**Очная**

Квалификация  
**Магистр**

Год приема  
**2025**

СОГЛАСОВАНО:  
Руководитель ОП  
О.М. Минаева

Председатель УМК  
А.Л. Борисенко

Томск – 2025

## **1. Компетенции и индикаторы их достижения, проверяемые данными оценочными материалами**

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПК-1 Способен проводить научно-исследовательские работы в области агрономии.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИПК-1.3 Использует адекватные методы математической статистики для анализа результатов экспериментов (лабораторных и/или полевых опытов).

ИПК-1.5 Подготавливает заключения о целесообразности внедрения в производство исследованных приемов, сортов, гибридов сельскохозяйственных культур на основе экспериментальных данных.

## **2. Оценочные материалы текущего контроля и критерии оценивания**

Элементы текущего контроля:

– решение задач

– проработка списка дополнительных вопросов по темам дисциплины

### **Список дополнительных вопросов по темам дисциплины (ИПК-1.3, ИПК-1.5):**

Значение биотехнологии для различных областей мировой промышленности и сельского хозяйства.

*Модуль 1. Основная схема и стадии биотехнологических производств*

Аппаратура и способы разделения жидкости и биомассы.

Аппаратура и способы выделения продуктов биосинтеза.

Аппаратура и способы очистка продукта и концентрирование.

Очистка стоков и выбросов.

Общие принципы составления схем биотехнологического производства.

Классификация сырья, процессов и продуктов по их месту в технологической схеме.

Примеры схем биотехнологических производств.

*Модуль 2. Процесс ферментации*

Управление технологическими режимами периодических, непрерывных и полупериодических процессов.

Оптимизация ферментационных сред посредством изменения и дополнения органической и неорганической составляющей среды.

Масштабирование на основе концентрации растворенного кислорода, удельной мощности, фиктивной линейной скорости газа, удельного объемного расхода воздуха.

*Модуль 3. Методы контроля качества, используемые на стадии производства*

Определение количества действующего начала препаратов

Определение биологической активности препаратов

Влияние температуры, pH, аэрации, перемешивания, концентрации макро- и микроэлементов питания микроорганизмов на качество продукции.

Способы увеличения продукции вторичных метаболитов бактериями и грибами.

Применение методов планирования многофакторного эксперимента при оптимизации условий культивирования микроорганизмов.

*Модуль 4. Критерии оценки эффективности биотехнологических процессов культивирования микроорганизмов*

Продуктивность процесса культивирования.

Выход продукта и экономический коэффициент.

Понятие и расчет удельных энергозатрат.

Непродуктивные затраты субстрата. Экспериментальное и математическое моделирование процессов культивирования.

*Модуль 5. Методы выделения продуктов биотехнологического производства*  
Отстаивание и осаждение; центрифугирование и сепарация; фильтрация; флотация.  
Методы дезинтеграции клеток. Механические и немеханические методы дезинтеграции клеток.

Экстракционные методы выделения продуктов метаболизма.

Сорбционные методы выделения продуктов биосинтеза.

Мембранные методы выделения, очистки и концентрирования продуктов.

*Модуль 6. Нормативные документы биотехнологических производств*

Технологический регламент производства.

Этапы разработки технологии

Оценка задания проводится путем собеседования. Оценка «зачтено» ставится в случае, если отвечающий формулирует ответ, опираясь на источники литературы, используя адекватную терминологию, логично выстраивает ответ. Если ответ не сформулирован четко, приводимые аргументы не опираются на литературные данные, не используется адекватная терминология ответ не засчитывается.

#### **Примеры задач (ИПК-1.3):**

– В результате посева на ГРМ-агар (гидролизат рыбной муки) из 5-го и 6-го разведений при объеме капли 100 мкл на поверхности питательной среды выросло (в среднем):

– в чашках, засеянных из 5-го разведения – 135 колоний;

– в чашках, засеянных из 6-го разведения – 27 колоний.

Рассчитайте количество микроорганизмов в образце

**Примеры задач (ИПК-1.5)** Подготавливает заключения о целесообразности внедрения в производство исследованных приемов, сортов, гибридов сельскохозяйственных культур на основе экспериментальных данных.

Определите значение мальтузианского параметра ( $\mu$ , час<sup>-1</sup>) и периода удвоения ( $T$ , час) численности *Bacillus thuriengiensis* в колбах на жидкой питательной среде МПБ (мясо-пептонный бульон) в зависимости от начальной численности инокулята в колбе. Данные представлены в таблице.

Таблица.

| Время, мин | Титр культуры, клеток /мл |         |         |
|------------|---------------------------|---------|---------|
|            | Колба 1                   | Колба 2 | Колба 3 |
| 0          | 135                       | 252     | 60      |
| 60         | 245                       | 471     | 99      |
| 120        | 374                       | 810     | 146     |
| 180        | 545                       | 1288    | 189     |
| 240        | 839                       | 1972    | 247     |
| 300        | 1544                      | 2934    | 396     |
| 360        | 2393                      | 5842    | 524     |
| 420        | 3435                      | 9478    | 631     |
| 480        | 6586                      | 17429   | 807     |
| 540        | 10129                     | 32953   | 881     |

Критерии оценивания:

Результаты решения задач определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Оценка «отлично» выставляется, если все задачи решены без ошибок, иллюстративный материал (рисунки, таблицы) оформлены грамотно, даны все пояснения.

Оценка «хорошо» выставляется, если все задачи решены без ошибок, иллюстративный материал (рисунки, таблицы) оформлены грамотно.

Оценка «удовлетворительно» выставляется, если Студент знает теоретический материал и может рассказать ход решения задач.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется, если задачи не решены, Студент не знает теоретический материал и не хочет вникать и решать задачи.

### **3. Оценочные материалы итогового контроля (промежуточной аттестации) и критерии оценивания**

Зачет в третьем семестре проводится устной форме по билетам. Билет содержит два теоретических вопроса и задачу.

#### **Примерный перечень вопросов по темам дисциплины (ИПК-1.3, ИПК-1.5):**

1. Значение биотехнологии для различных областей мировой промышленности и сельского хозяйства.
2. Назовите и охарактеризуйте основные элементы биотехнологического производства
3. Назовите и охарактеризуйте основные стадии биотехнологических производств
4. Назовите и опишите способы очистки, разделения и концентрирования продукции биотехнологического производства.
5. Общие принципы составления схем биотехнологического производства.
6. Классификация сырья, процессов и продуктов по их месту в технологической схеме.
7. Приведите пример схемы биотехнологического производства.
8. Перечислите и охарактеризуйте основные параметры процесса ферментации.
9. Опишите основные режимы процесса культивирования микроорганизмов
10. Назовите и приведите примеры оптимизации ферментационных сред.
11. Способы масштабирования ферментационного процесса
12. Методы контроля качества, используемые на стадии биотехнологического производства
13. Методы определения количества действующего начала препаратов
14. Методы определения биологической активности препарата.
15. Сущность управления процесса ферментации.
16. Способы увеличения продукции антибиотических веществ и других вторичных метаболитов бактериальной и грибной культур
17. Применение методов планирования многофакторного эксперимента при оптимизации условий культивирования микроорганизмов.
18. Критерии оценки эффективности биотехнологических процессов культивирования микроорганизмов.
19. Экспериментальное и математическое моделирование процессов культивирования.
20. Методы выделения продуктов биотехнологического производства.
21. Нормативные документы биотехнологических производств.

#### **Примеры задач:**

Примеры задач (ИПК-1.3):

– В результате посева на МПА (мясопептонный агар-агар) из 6-го и 7-го разведений (1:1000000 и 1:10000000) при объеме капли 200 мкл на поверхности питательной среды выросло (в среднем):

- в чашках, засеянных из 6-го разведения – 135 колоний;
- в чашках, засеянных из 7-го разведения – 27 колоний.

Рассчитайте количество микроорганизмов в образце

– После культивирования штамма бактерий *Bacillus subtilis* 26Д в колбе Эрленмейера со 100 мл МПБ и 180 об/мин в течение 48 ч проведен высев на плотную питательную среду и получены следующие результаты:

- в разведении  $10^{-3}$  – газон в трех параллельных чашках Петри;
- в разведении  $10^{-4}$  – газон в трех параллельных чашках Петри;
- в разведении  $10^{-5}$  – 341, 280 и 390 колоний;
- в разведении  $10^{-6}$  – 180, 120 и 100 колоний;
- в разведении  $10^{-7}$  – 51, 70 и 35 колоний;
- Объем капли 50 мкл.

Рассчитайте численность культуры в колбе. На какую питательную среду проведен высев для учета численности культуры?

Примеры задач (ИПК-1.5):

Определите значения мальтузианского параметра ( $\mu$ , час<sup>-1</sup>) и периода удвоения ( $T$ , час) численности *Pseudomonas fluorescens* в колбах на жидкой питательной среде при различных концентрациях лимитирующего субстрата – глюкозы. Культуры выращивали в оптимальных условиях, каждые 30 минут измеряли оптическую плотность. Данные представлены в таблице.

Таблица.

| Время, мин | Оптическая плотность культуры при различной концентрации субстрата в питательной среде |          |          |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|
|            | 50 мг/л                                                                                | 100 мг/л | 200 мг/л |
| 0          | 0,12                                                                                   | 0,12     | 0,11     |
| 30         | 0,16                                                                                   | 0,15     | 0,14     |
| 60         | 0,18                                                                                   | 0,20     | 0,19     |
| 90         | 0,24                                                                                   | 0,24     | 0,27     |
| 120        | 0,29                                                                                   | 0,34     | 0,42     |
| 150        | 0,34                                                                                   | 0,44     | 0,61     |
| 180        | 0,40                                                                                   | 0,59     | 0,83     |
| 210        | 0,53                                                                                   | 0,82     | 1,32     |
| 240        | 0,53                                                                                   | 1,04     | 1,92     |
| 270        | 0,78                                                                                   | 1,34     | 2,48     |

Результаты зачета определяются оценками «зачтено», «не зачтено».

Оценка «зачтено» выставляется, если студент ответил на два теоретических вопроса опираясь на источники литературы, используя адекватную терминологию, и правильно решил задачу и/или демонстрирует понимание проблематики вопроса, знает основные тезисы, логично выстраивает ход решения задачи.

Оценка «не зачтено» выставляется, если студент проявляет полное непонимание сути вопроса, не владеет общей терминологией, не понимает условия задачи и параметры которые необходимо найти (вычислить).

#### 4. Оценочные материалы для проверки остаточных знаний (сформированности компетенций)

Примеры тестов (ИПК-1.5):

– Процесс синтеза простых веществ из сложных, протекающий с высвобождением энергии –

1. катаболизм 2. метаболизм 3. анаболизм

Ответ: 1

Примеры тестов (ИПК-1.5):

– Время, в течение которого происходит деление клетки –:

1. время генерации 2. максимальная скорость размножения 3. рост

Ответ: 1

– Синтез первичных метаболитов происходит в (ИПК-1.5):

1. фазе отмирания 2. фазе экспоненциального роста 3. лаг-фазе 4. фазе стационарного роста

Ответ: 2

– Поддержание численности культуры на основе датчика оптической плотности происходит в (ИПК-1.5):

1. турбидостате 2. хемостате 3. рН-стате

Ответ: 1

– При анализе численности культуры микроорганизмов на чашке Петри при посеве 1 мл в 3 разведении количество колоний составило 100–500 КОЕ. Численность в культуре составит (ИПК 1.3)

1. порядка  $10^3$  КОЕ/мл 2. порядка  $10^5$  КОЕ/мл 3. порядка  $10^6$  КОЕ/мл

Ответ: 3

– Получению адекватных данных о численности микроорганизмов путем разведения с последующим высевом на питательные среды может помешать (ИПК 1.3)

1. слишком высокая численность микроорганизмов в культуре 2. Наличие более двух морфологически различных типов клеток 3. Образование конгломератов, содержащих более 1 жизнеспособной клетки

Ответ: 3

### **Информация о разработчиках**

Акимова Елена Евгеньевна, канд. биол. наук, доцент кафедры сельскохозяйственной биологии БИ ТГУ.