



**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Казанский государственный аграрный университет»  
(ФГБОУ ВО Казанский ГАУ)**

Институт «Казанская академия ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана»  
Кафедра микробиологии и биотехнологии

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН  
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 00861D77F7F654DB91BE53EB1C33DC7D39  
Владелец: Дмитриев Андрей Владимирович  
Действителен: с 16.07.2026 до 09.10.2027

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе, доцент

\_\_\_\_\_ А.В. Дмитриев  
« 21 » мая 2026 г.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ  
АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**НАНОБИОТЕХНОЛОГИИ**  
**(Оценочные средства и методические материалы)**  
приложение к рабочей программе дисциплины

Направление подготовки  
**19.03.01 Биотехнология**

Направленность (профиль) подготовки  
**Биотехнология молока и молочных продуктов**

Форма обучения  
**очная**

Казань - 2026

Составитель:

доцент, к.в.н.

Магдеева Э.А.

Рабочая программа дисциплины обсуждена и одобрена на заседании кафедры микробиологии и биотехнологии «13» апреля 2026 года (протокол № 15)

Заведующий кафедрой:

к.б.н, доцент,

\_\_\_\_\_  
должность, ученая степень, ученое  
звание

Волков Р.А.

\_\_\_\_\_  
Ф.И.О.

Рассмотрена и одобрена на заседании методической комиссии Института «Казанская академия ветеринарной медицины «14» апреля 2026 года (протокол № 10)

Председатель методической комиссии:

профессор, д.б.н

Асрутдинова Р.А. Должность, ученая степень, ученое звание

Ф.И.О.

Согласовано:

Директор

Загидуллин Л.Р.

Ф.И.О.

Протокол Ученого совета института № 21 от 18.04.2026 года

## 1. ПЕРЕЧЕНЬ КОМПЕТЕНЦИЙ С УКАЗАНИЕМ ЭТАПОВ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

В результате освоения ОПОП бакалавра по направлению подготовки 19.03.01. Биотехнология, направленность (профиль) «Биотехнология молока и молочных продуктов» по дисциплине «Нанобиотехнологии», обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения:

Таблица 1.1 – Требования к результатам освоения дисциплины

| Код и наименование компетенции                                                                                                                                                                               | Индикатор достижения компетенции                                                                       | Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОПК-1 Способен изучать, анализировать, использовать биологические объекты и процессы, основываясь на законах и закономерностях математических, физических, химических и биологических наук и их взаимосвязях |                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| ОПК-1.2                                                                                                                                                                                                      | Использует биологические объекты и процессы для решения профессиональных задач в области биотехнологии | Знать: биологические объекты (нуклеиновые кислоты, белки, липиды, клеточные структуры) и процессы, используемые в нанобиотехнологии для создания наноматериалов и наноустройств.<br>Уметь: использовать биологические объекты и процессы для решения профессиональных задач в области нанобиотехнологии (доставка лекарств, биосенсоры, диагностика).<br>Владеть: навыками и приемами использования биологических объектов и процессов в нанобиотехнологических разработках для сельского хозяйства и пищевой промышленности. |

## 2. ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КРИТЕРИЕВ ОЦЕНИВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ, ОПИСАНИЕ ШКАЛ ОЦЕНИВАНИЯ

Таблица 2.1 – Показатели и критерии определения уровня сформированности компетенций (интегрированная оценка уровня сформированности индикаторов достижения компетенций)

| Код и наименование индикатора достижения компетенции                                                              | Планируемые результаты обучения                                                                                                                                                 | Критерии оценивания результатов обучения                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                 | неудовлетворительно                                                                                                                                                              | удовлетворительно                                                                                                                                                      | хорошо                                                                                                                                                                     | отлично                                                                                                                                                                      |
| ОПК-1.2<br>Использует биологические объекты и процессы для решения профессиональных задач в области биотехнологии | Знать: биологические объекты (нуклеиновые кислоты, белки, липиды, клеточные структуры) и процессы, используемые в нанобиотехнологии для создания наноматериалов и наноустройств | Отсутствуют представления об основных биологических объектах и процессах, используемых в нанобиотехнологии. Не знает примеров применения биомолекул для создания наноматериалов. | Неполные представления об основных биологических объектах и процессах, используемых в нанобиотехнологии. Допускает неточности в описании свойств ДНК, белков, липидов. | Сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления о биологических объектах и процессах в нанобиотехнологии. Знает основные примеры, но затрудняется в деталях. | Сформированные систематические представления о биологических объектах и процессах, используемых в нанобиотехнологии. Свободно описывает свойства биомолекул и их применение. |
|                                                                                                                   | Уметь: использовать биологические объекты и процессы для решения профессиональных задач в области нанобиотехнологии (доставка лекарств, биосенсоры, диагностика)                | Не умеет использовать биологические объекты и процессы в нанобиотехнологии. Не может предложить применение биомолекул для решения профессиональных задач.                        | В целом успешное, но не систематическое умение использовать биологические объекты и процессы в нанобиотехнологии. Выполняет задания с помощью преподавателя.           | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение использовать биологические объекты и процессы. Самостоятельно решает типовые задачи.                              | Сформированное умение использовать биологические объекты и процессы в нанобиотехнологии. Творчески применяет знания для решения нестандартных задач.                         |
|                                                                                                                   | Владеть: навыками и приемами использования биологических объектов и процессов в нанобиотехнологических разработках для сельского хозяйства и пищевой промышленности             | Не владеет навыками и приемами использования биологических объектов и процессов в нанобиотехнологии. Не может выполнить практические задания.                                    | В целом успешное, но не систематическое применение навыков и приемов использования биологических объектов и процессов. Требуется контроль преподавателя.               | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков. Владеет основными методами, но допускает незначительные ошибки.                                      | Успешное и систематическое применение навыков и приемов использования биологических объектов и процессов. Свободно выполняет практические задания.                           |

## Описание шкалы оценивания

1. Оценка «неудовлетворительно» ставится студенту, не овладевшему ни одним из элементов компетенции, т.е. обнаружившему существенные пробелы в знании основного программного материала по дисциплине, допустившему принципиальные ошибки при применении теоретических знаний, которые не позволяют ему продолжить обучение или приступить к практической деятельности без дополнительной подготовки по данной дисциплине.

2. Оценка «удовлетворительно» ставится студенту, овладевшему элементами компетенции «знать», т.е. проявившему знание основного программного материала по дисциплине в объеме, необходимом для последующего обучения и предстоящей практической деятельности, знакомому с основной рекомендованной литературой, допустившему неточности в ответе на экзамене, но в основном обладающему необходимыми знаниями для их устранения при корректировке со стороны экзаменатора.

3. Оценка «хорошо» ставится студенту, овладевшему элементами компетенции «знать» и «уметь», проявившему полное знание программного материала по дисциплине, освоившему основную рекомендованную литературу, обнаружившему стабильный характер знаний и умений и способному к их самостоятельному применению и обновлению в ходе последующего обучения и практической деятельности.

4. Оценка «отлично» ставится студенту, овладевшему элементами компетенции «знать», «уметь» и «владеть», проявившему всесторонние и глубокие знания программного материала по дисциплине, освоившему основную и дополнительную литературу, обнаружившему творческие способности в понимании, изложении и практическом использовании усвоенных знаний.

5. Оценка «зачтено» соответствует критерию оценок от «отлично» до «удовлетворительно».

6. Оценка «незачтено» соответствует критерию оценки «неудовлетворительно».

### **3. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ИЛИ ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ В ПРОЦЕССЕ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

ОПК-1.2 (Использует биологические объекты и процессы для решения профессиональных задач в области биотехнологии)

3.1.1 Тестовые задания закрытого типа (25 вопросов)

1. Какие биологические объекты используются в качестве «темплатов» (матриц) для создания нанопроводов?

- А) ДНК +
- Б) Рибосомы
- В) Митохондрии
- Г) Лизосомы

2. Какой белок используется в качестве наномотора для внутриклеточного транспорта?

- А) Коллаген
- Б) Кинезин +
- В) Альбумин
- Г) Фибриноген

3. Какие наноструктуры образуются фосфолипидами в водной среде?

- А) Мицеллы и липосомы +
- Б) Фибриллы
- В) Тубулины
- Г) Амилоиды

4. Для какой цели используются липосомы в нанобиотехнологии?

- А) Для секвенирования ДНК
- Б) Для адресной доставки лекарств +
- В) Для ПЦР-амплификации
- Г) Для электрофореза белков

5. Какие биологические объекты используются в биосенсорах в качестве «узнающего» элемента?

- А) Только ферменты
- Б) Ферменты, антитела, нуклеиновые кислоты, рецепторы +
- В) Только антитела
- Г) Только нуклеиновые кислоты

6. Какой белок является основным компонентом коллагеновых волокон и используется в нанобиоматериалах?

- А) Эластин
- Б) Коллаген +
- В) Кератин
- Г) Миозин

7. Какой метод использует термостабильную ДНК-полимеразу для амплификации ДНК?

- А) Секвенирование
- Б) ПЦР (полимеразная цепная реакция) +
- В) Электрофорез
- Г) Хроматография

8. Какие наночастицы наиболее часто используются для адресной доставки лекарств?

- А) Серебряные наночастицы
- Б) Липосомы и полимерные наночастицы +
- В) Золотые наночастицы
- Г) Кремниевые наночастицы

9. Какой фермент используется в биосенсорах для определения глюкозы?

- А) Уреаза
- Б) Глюкозооксидаза +
- В) Каталаза
- Г) Пероксидаза

10. Какие наночастицы обладают поверхностным плазмонным резонансом и используются для диагностики?

- А) Серебряные и золотые наночастицы +
- Б) Магнитные наночастицы

- В) Квантовые точки
  - Г) Углеродные нанотрубки
11. Что такое квантовые точки (quantum dots)?
- А) Люминесцентные полупроводниковые нанокристаллы +
  - Б) Белковые наноструктуры
  - В) Липидные пузырьки
  - Г) Углеродные нанотрубки
12. Какие биологические объекты используются для создания трёхмерных наноструктур методом ДНК-оригами?
- А) РНК
  - Б) ДНК +
  - В) Белки
  - Г) Липиды
13. Для чего используются магнитные наночастицы, конъюгированные с антителами?
- А) Для ПЦР
  - Б) Для иммуномагнитной сепарации клеток +
  - В) Для электрофореза
  - Г) Для секвенирования
14. Какие наночастицы используются в качестве контрастных агентов для МРТ?
- А) Золотые наночастицы
  - Б) Суперпарамагнитные наночастицы оксида железа +
  - В) Серебряные наночастицы
  - Г) Кремниевые наночастицы
15. Какой метод используется для визуализации наночастиц в клетках?
- А) Световая микроскопия
  - Б) Электронная микроскопия +
  - В) Фазово-контрастная микроскопия
  - Г) Люминесцентная микроскопия с флуорофорами
16. Какие белки бактерий образуют S-слои и используются для создания двумерных нанопаттернов?
- А) Белки поверхностного слоя (S-слои) +
  - Б) Флагеллины
  - В) Токсины
  - Г) Шапероны
17. Для чего используются дендримеры в нанобиотехнологии?
- А) Для секвенирования ДНК
  - Б) Для доставки лекарств и генов +
  - В) Для ПЦР
  - Г) Для электрофореза
18. Какая система используется для геномного редактирования?
- А) ПЦР
  - Б) CRISPR-Cas9 +
  - В) Электрофорез
  - Г) Секвенирование
19. Какие вирусные частицы используются в качестве наноносителей для вакцин?
- А) Вирус табачной мозаики +
  - Б) Бактериофаг T4
  - В) Вирус гриппа
  - Г) Вирус иммунодефицита
20. Что такое биофункционализация наноматериалов?
- А) Очистка наноматериалов
  - Б) Присоединение биомолекул к поверхности наноматериалов +
  - В) Разрушение наноматериалов
  - Г) Синтез наноматериалов
21. Какой белок паутины используется для создания сверхпрочных наноматериалов?
- А) Коллаген
  - Б) Спайдероин (спидроин) +
  - В) Эластин
  - Г) Фиброин
22. Для чего используются аптамеры (олигонуклеотиды или пептиды) в нанобиотехнологии?
- А) Для амплификации ДНК

- Б) Для специфического связывания мишеней (аналоги антител) +
  - В) Для электрофореза
  - Г) Для секвенирования
23. Какие наноматериалы используются для создания скаффолдов в тканевой инженерии?
- А) Коллагеновые и желатиновые гидрогели +
  - Б) Платиновые наночастицы
  - В) Кремниевые нанопровода
  - Г) Углеродные нанотрубки
24. Что такое тераностика в нанобиотехнологии?
- А) Одновременная диагностика и терапия с использованием наночастиц +
  - Б) Только диагностика
  - В) Только терапия
  - Г) Профилактика заболеваний
25. Какой фермент используется для «сшивания» фрагментов ДНК в генной инженерии?
- А) Рестриктаза
  - Б) ДНК-лигаза +
  - В) РНК-полимераза
  - Г) Обратная транскриптаза

### 3.1.2 Открытые вопросы (10 вопросов)

1. Опишите, как биологические объекты (ДНК, белки, вирусы) могут быть использованы в качестве темплатов для создания нанопроводов и нанотрубок. Приведите конкретные примеры.

Ответ: Биологические объекты обладают уникальной пространственной структурой нанометрового масштаба, что позволяет использовать их как матрицы (темплаты) для направленного синтеза неорганических наноструктур. Примеры:

- ДНК (диаметр ~2 нм) – после металлизации (покрытия ионами серебра, золота или платины) образуются нанопровода длиной до нескольких микрометров. Используется для создания электрических цепей нанометрового размера.
- Вирус табачной мозаики (палочковидная форма, длина 300 нм, диаметр 18 нм) – внутренний канал вируса заполняется металлами (Pt, Au, Ag) для получения нанотрубок.
- Тубулин (белок цитоскелета) – формирует микротрубочки, которые после металлизации дают нанопровода для биоэлектронных устройств.
- Белковые фибриллы (например, амилоидные фибриллы) – используются для создания проводящих полимерных нанопроводов.

2. Объясните принцип работы глюкозного биосенсора. Какие биологические объекты используются в качестве «узнающего» элемента и как преобразуется сигнал?

Ответ: Глюкозный биосенсор (например, в глюкометрах для диабетиков) основан на ферменте глюкозооксидазе (GOx). Принцип:

1. Узнающий элемент – глюкозооксидаза, иммобилизованная на электроде. Она катализирует окисление глюкозы:  $\text{глюкоза} + \text{O}_2 \rightarrow \text{глюконолактон} + \text{H}_2\text{O}_2$ .
2. Трансдьюсер – электрохимический датчик, который измеряет либо потребление кислорода, либо образование перекиси водорода ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ), либо ток от переноса электронов через медиатор.
3. Сигнал – электрический ток, пропорциональный концентрации глюкозы (по закону Фарадея).

Биосенсоры на основе GOx широко применяются в клинической диагностике и пищевой промышленности (контроль глюкозы в продуктах).

3. Какие преимущества имеют липосомы и полимерные наночастицы для адресной доставки лекарств по сравнению с обычным введением препаратов?

Ответ: Липосомы (фосфолипидные пузырьки диаметром 50–500 нм) и полимерные наночастицы (ПЭГ, PLGA, хитозан) обладают следующими преимуществами:

1. Защита лекарства от деградации в крови (ферменты, pH).
2. Контролируемое высвобождение – постепенное или стимулируемое (pH, температура, ферменты).
3. Адресная доставка – конъюгация с лигандами (антитела, аптамеры, трансферрин, фолиевая кислота) обеспечивает накопление наночастиц только в целевых клетках (например, раковых, экспрессирующих специфические рецепторы).
4. Снижение токсичности – меньше побочных эффектов, так как лекарство не действует на здоровые ткани.

5. Преодоление биологических барьеров (гематоэнцефалический барьер, мембраны клеток). Пример: липосомальный доксорубин (Doxil) – снижена кардиотоксичность при лечении рака.

4. Какие наночастицы используются в диагностике и визуализации (МРТ, КТ, флуоресцентная микроскопия)? Объясните механизм контрастирования.

Ответ:

1. МРТ (магнитно-резонансная томография) – суперпарамагнитные наночастицы оксида железа (SPION,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , 10–100 нм). Они создают локальные неоднородности магнитного поля, ускоряя релаксацию протонов воды (снижение сигнала T2). Применяются для визуализации опухолей, лимфоузлов, печени.

2. КТ (компьютерная томография) – наночастицы золота (Au, 1–100 нм) или йодсодержащие наночастицы. Золото имеет высокий атомный номер, сильно поглощает рентгеновское излучение (увеличивает контраст в 2–3 раза по сравнению с йодом).

3. Флуоресцентная микроскопия – квантовые точки (CdSe, InP) – полупроводниковые нанокристаллы, флуоресцирующие при УФ-облучении. Преимущества: узкий спектр, высокая яркость, устойчивость к фотообесцвечиванию, возможность мультиплексного анализа (разные цвета для разных мишеней).

5. Как используется метод ДНК-оригами для создания трёхмерных наноструктур? Приведите примеры применения.

Ответ: ДНК-оригами – метод, разработанный Полом Ротемондом в 2006 году, использует длинную одноцепочечную ДНК (каркас, «скобка») и множество коротких «скрепочных» олигонуклеотидов (стапелей), которые комплементарно связываются с разными участками каркаса, заставляя его складываться в заданную двумерную или трёхмерную форму (куб, тетраэдр, трубка, смайлик). Примеры применения:

1. Темплаты для металлизации – создание нанопроводов и электронных схем.

2. Доставка лекарств – ДНК-контейнеры с антителами для адресной доставки в клетки.

3. Молекулярные компьютеры – логические вентили на основе ДНК для вычислений в клетке.

4. Биосенсоры – наноустройства, меняющие форму при связывании с аналитом.

6. Опишите систему CRISPR-Cas9. Какие биологические объекты (молекулы, ферменты) используются для геномного редактирования?

Ответ: CRISPR-Cas9 – система адаптивного иммунитета бактерий, адаптированная для редактирования генов. Компоненты:

1. Cas9 – белок-эндонуклеаза, разрезающий ДНК в строго определённом месте.

2. gRNA (guide RNA) – гибридная молекула, состоящая из crRNA (комплементарна целевой ДНК) и tracrRNA (связывается с Cas9). В искусственной системе их объединяют в одну sgRNA (single guide RNA).

Принцип: sgRNA направляет Cas9 к целевой последовательности ДНК (20 нуклеотидов). Cas9 вносит двуцепочечный разрыв. Затем клетка репарирует ДНК по пути NHEJ (негомологичное соединение концов) – выключение гена, или HDR (гомологичная рекомбинация) – вставка нового гена при наличии донорной матрицы.

Применение: создание трансгенных организмов, генная терапия, нокаут генов, коррекция мутаций.

7. Какие биологические объекты используются в тканевой инженерии для создания скаффолдов (матриц) для выращивания тканей?

Ответ: Скаффолды – трёхмерные пористые матриксы, имитирующие внеклеточный матрикс и обеспечивающие каркас для клеток. Используются природные и синтетические биоматериалы:

- Коллаген – основной белок соединительной ткани, биосовместим, но быстро деградирует.

- Желатин – денатурированный коллаген, используется в гидрогелях.

- Хитозан – полисахарид из хитина ракообразных, положительно заряжен, способствует адгезии клеток.

- Фибрин – белок, участвующий в свёртывании крови, используется для создания гидрогелей с факторами роста.

- Альгинат – полисахарид водорослей, образует гидрогели в присутствии  $\text{Ca}^{2+}$ .

- Гиалуроновая кислота – компонент внеклеточного матрикса, регулирует миграцию и пролиферацию клеток.

- Полимеры PLGA, PCL – синтетические биodeградируемые полимеры с регулируемой

скоростью деградации.

Пример: коллаген-хитозановые скаффолды для восстановления хряща и кожи.

8. Что такое квантовые точки? Какие биомолекулы используют для их биофункционализации и для каких целей?

Ответ: Квантовые точки (quantum dots, QD) – полупроводниковые нанокристаллы (CdSe, InP, PbS) диаметром 2–10 нм, обладающие уникальными оптическими свойствами: узкий симметричный спектр флуоресценции, высокая яркость, устойчивость к фотообесцвечиванию, длина волны флуоресценции зависит от размера частицы (квантово-размерный эффект). Для биофункционализации (придания способности связывать биологические мишени) квантовые точки покрывают лигандами и конъюгируют с:

- Антителами – для иммунофлуоресцентной визуализации белков в клетках.
- Аптамерами – для обнаружения вирусов, токсинов.
- Стрептавидином – для связывания с биотинилированными молекулами.
- Пептидами и лигандами – для адресной доставки в клетки (например, трансферрин, RGD-пептид).

Применение: мультиплексная диагностика (одновременное выявление нескольких маркеров), отслеживание клеток *in vivo*, биосенсоры, визуализация опухолей.

9. Как используются наночастицы в сельском хозяйстве (доставка пестицидов, удобрений, стимуляторов роста)? Какие биологические объекты применяются для их функционализации?

Ответ: Наночастицы в агроанотехнологиях повышают эффективность и снижают экологическую нагрузку:

1. Наноинкапсулированные пестициды – липосомы, полимерные наночастицы (PLGA, хитозан), твердые липидные наночастицы. Преимущества: контролируемое высвобождение, снижение токсичности, защита от УФ-деградации, уменьшение потерь. Биофункционализация: покрытие полисахаридами (хитозан) для улучшения адгезии к листьям.
2. Наноудобрения – наночастицы ZnO, CuO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, нанокластеры азота, фосфора, калия. Биомолекулы для стабилизации: гуминовые кислоты, белки, полисахариды.
3. Стимуляторы роста растений – наночастицы с конъюгированными фитогормонами (ауксины, гиббереллины) или РНК-интерференции (dsRNA для подавления патогенов).
4. Биосенсоры для растений – наночастицы с антителами или аптамерами для ранней диагностики болезней (фитофтора, вирусы).

Пример: хитозановые наночастицы с dsRNA против гена вируса картофеля – защита растений от вирусной инфекции.

10. Какие биологические объекты (ферменты, белки, нуклеиновые кислоты) используются для создания логических вентилях и молекулярных компьютеров? Приведите пример.

Ответ: Молекулярные компьютеры используют биологические макромолекулы для выполнения логических операций (AND, OR, NOT, XOR) в живых клетках или пробирке.

1. ДНК-логика – используются комплементарное связывание ДНК, цепная реакция замещения (TMSD), ДНК-полимеразы, рестриктазы, лигазы. Пример: ДНК-логический вентиль AND, который активируется только при наличии двух специфических входных последовательностей ДНК.
2. Белковые логические вентили – индуцируемые протеазы (Tev, tobacco etch virus protease), расщепляющие мишень при наличии специфических лигандов. Пример: вентиль AND, регулирующий транскрипцию гена при одновременном присутствии двух малых молекул.
3. Рибосwitchи (riboswitches) – РНК-элементы, меняющие конформацию и активность при связывании с метаболитами (аналог логического вентиля).
4. Клеточные компьютеры – сконструированные бактерии с генетическими схемами. Пример: *E. coli*, которая светится (lux-оперон) только при наличии двух индукторов – арабинозы и IPTG (логический вентиль AND). Применение: биосенсоры токсинов, управляемая доставка лекарств.

### 3.1.3 Задания на установление соответствия (4 задания)

Задание на соответствие 1. Установите соответствие между биологическим объектом и его применением в нанобиотехнологии:

| Биологический объект | Применение в нанобиотехнологии |
|----------------------|--------------------------------|
|----------------------|--------------------------------|

| Биологический объект              | Применение в нанобиотехнологии                       |
|-----------------------------------|------------------------------------------------------|
| 1. ДНК                            | А. Темплат для нанопроводов, ДНК-оригами, биосенсоры |
| 2. Липосомы                       | Б. Адресная доставка лекарств, трансфекция клеток    |
| 3. Глюкозооксидаза                | В. Биосенсор для определения глюкозы (глюкометры)    |
| 4. Квантовые точки (с антителами) | Г. Флуоресцентная визуализация клеток и тканей       |
| 5. CRISPR-Cas9                    | Д. Геномное редактирование, нокаут генов             |

Ответ: 1–А, 2–Б, 3–В, 4–Г, 5–Д

Задание на соответствие 2. Установите соответствие между типом наночастиц и областью их применения в биомедицине и сельском хозяйстве:

| Тип наночастиц                                          | Область применения                                             |
|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| 1. SPION (суперпарамагнитные наночастицы оксида железа) | А. Контрастный агент для МРТ, магнитная гипертермия рака       |
| 2. Золотые наночастицы (AuNPs)                          | Б. Контраст для КТ, биосенсоры на основе SPR                   |
| 3. Дендримеры                                           | В. Доставка генов и лекарств, мультифункциональные наносистемы |
| 4. Хитозановые наночастицы                              | Г. Доставка пестицидов и удобрений в растения                  |
| 5. Квантовые точки (QDs)                                | Д. Флуоресцентная визуализация, мультиплексная диагностика     |

Ответ: 1–А, 2–Б, 3–В, 4–Г, 5–Д

Задание на соответствие 3. Установите соответствие между методом нанобиотехнологии и его описанием:

| Метод                        | Описание                                                                                                 |
|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. ДНК-оригами               | А. Самосборка длинной цепи ДНК в заданную 2D или 3D форму с помощью коротких скрепочных олигонуклеотидов |
| 2. CRISPR-Cas9               | Б. Редактирование генома с помощью направляющей РНК и эндонуклеазы, разрезающей ДНК                      |
| 3. Иммуномагнитная сепарация | В. Выделение клеток с помощью магнитных наночастиц, конъюгированных с антителами                         |
| 4. Биофункционализация       | Г. Присоединение биомолекул (антител, аптамеров, пептидов) к поверхности наночастиц                      |
| 5. Тераностика               | Д. Одновременная диагностика и терапия с использованием наночастиц                                       |

Ответ: 1–А, 2–Б, 3–В, 4–Г, 5–Д

Задание на соответствие 4. Установите соответствие между белком-наномотором и его функцией в клетке:

| Белок-наномотор | Функция                                                                     |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| 1. Кинезин      | А. Транспорт везикул от тела клетки к периферии (плюс-конец микротрубочек)  |
| 2. Динеин       | Б. Транспорт везикул от периферии к телу клетки (минус-конец микротрубочек) |
| 3. Миозин       | В. Сокращение мышц, транспорт везикул по актиновым филаментам               |
| 4. Флагеллин    | Г. Вращение бактериального жгутика (движение бактерий)                      |
| 5. АТФ-синтаза  | Д. Синтез АТФ за счёт протонного градиента (вращательный наномотор)         |

Ответ: 1–А, 2–Б, 3–В, 4–Г, 5–Д

### 3.2 Вопросы для зачёта (30 вопросов) по ОПК-1.2

1. Что такое нанобиотехнология? Какие биологические объекты используются в этой области?
2. Какие свойства ДНК позволяют использовать её для создания наноструктур (ДНК-оригами, темплаты)?
3. Как белки-моторы (кинезин, динеин, миозин) используются в нанобиотехнологии?
4. Какие наноструктуры образуют липиды (мицеллы, липосомы)? Для чего они применяются?
5. Что такое липосомы? Как они используются для адресной доставки лекарств?
6. Какие наночастицы используются в МРТ-диагностике? Объясните механизм контрастирования.
7. Какие наночастицы используются в КТ-диагностике? В чём их преимущество?
8. Что такое квантовые точки? Как они применяются для визуализации клеток?
9. Как работает глюкозный биосенсор на основе глюкозооксидазы?
10. Что такое биосенсор? Какие «узнающие» элементы используются в биосенсорах?
11. Какие биологические объекты используются для создания скаффолдов в тканевой инженерии?
12. Что такое CRISPR-Cas9? Для редактирования каких организмов она используется?
13. Как используются наночастицы в сельском хозяйстве (пестициды, удобрения)?
14. Что такое тераностика? Приведите пример наночастиц для тераностики.
15. Как магнитные наночастицы используются для иммуномагнитной сепарации клеток?
16. Что такое аптамеры? В чём их преимущество перед антителами?
17. Как используются вирусные частицы в качестве наноносителей для вакцин?
18. Что такое биофункционализация наноматериалов? Какие биомолекулы для этого используются?
19. Как используются наночастицы золота в биосенсорах на основе SPR?
20. Какие полимерные наночастицы используются для доставки генов (ДНК, РНК)?
21. Как используется метод ДНК-оригами для создания нанороботов?
22. Что такое дендримеры? Для каких целей они применяются?
23. Какие белки паутины используются для создания сверхпрочных наноматериалов?
24. Как используются наночастицы для фототермической терапии рака?
25. Какие биологические объекты используются для создания молекулярных компьютеров?
26. Что такое S-слои бактерий? Как они используются для создания нанопаттернов?
27. Как используются наночастицы для контролируемого высвобождения лекарств?
28. Какие наночастицы используются для доставки РНК-интерференции (siRNA)?

29. Как наночастицы используются для детекции патогенов в пищевых продуктах?
30. Каковы перспективы развития нанобиотехнологии в молочной промышленности?

#### **4. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ**

Лекции оцениваются по посещаемости, активности, умению выделить главную мысль.

Практические занятия оцениваются по самостоятельности выполнения работы, активности работы в аудитории, правильности выполнения заданий, уровня подготовки к занятиям.

Самостоятельная работа оценивается по качеству и количеству выполненных домашних работ, грамотности в оформлении, правильности выполнения.

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета.

Критерии оценки экзамена в тестовой форме: количество баллов или удовлетворительно, хорошо, отлично. Для получения соответствующей оценки экзамен по курсу используется накопительная система балльно-рейтинговой работы студентов. Итоговая оценка складывается из суммы баллов или оценок, полученных по всем разделам курса и суммы баллов полученной на экзамене.

Критерии оценки уровня знаний студентов с использованием теста на экзамене по учебной дисциплине

Оценка Характеристики ответа студента

Отлично 86-100% правильных ответов

Хорошо 71-85%

Удовлетворительно 51-70%

Неудовлетворительно Менее 51%

Количество баллов и оценка неудовлетворительно, удовлетворительно, хорошо, отлично определяются программными средствами по количеству правильных ответов к количеству случайно выбранных вопросов.

Оценка «зачтено» соответствует критерию оценок от «отлично» до «удовлетворительно».

Оценка «незачтено» соответствует критерию оценки «неудовлетворительно» Критерии оценивания компетенций следующие:

1. Ответы имеют полные решения (с правильным ответом). Их содержание свидетельствует об уверенных знаниях обучающегося и о его умении решать профессиональные задачи, оценивается в 5 баллов (отлично);

2. Более 75% ответов имеют полные решения (с правильным ответом). Их содержание свидетельствует о достаточных знаниях обучающегося и его умении решать профессиональные задачи – 4 балла (хорошо);

3. Не менее 50% ответов имеют полные решения (с правильным ответом). Их содержание свидетельствует об удовлетворительных знаниях обучающегося и о его ограниченном умении решать профессиональные задачи, соответствующие его будущей квалификации – 3 балла (удовлетворительно);

4. Менее 50% ответов имеют решения с правильным ответом. Их содержание свидетельствует о слабых знаниях обучающегося и его неумении решать профессиональные задачи – 2 балла (неудовлетворительно).