

**Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Московский физико-технический институт  
(национальный исследовательский университет)»**

**УТВЕРЖДЕНО**

**Директор института nano-, био-,  
информационных, когнитивных  
и социогуманитарных наук и  
технологий**

**П.А. Форш**

**Рабочая программа дисциплины (модуля)**

<b>по дисциплине:</b>	Основы биотехнологии
<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Конвергентные nano-, био-, информационные и когнитивные технологии Физтех-школа природоподобных, плазменных и ядерных технологий им. И.В. Курчатова кафедра nano-, био-, информационных и когнитивных технологий
<b>курс:</b>	2
<b>квалификация:</b>	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 3 (осенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 60 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 30 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 45 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 135, всего зач. ед.: 3

Программу составил: В.Г. Дебабов, д-р биол. наук, профессор

Программа обсуждена на заседании кафедры nano-, био-, информационных и когнитивных технологий  
20.03.2020

## Аннотация

Последние два десятилетия характеризуются выдающимися достижениями биотехнологии, являющейся междисциплинарной областью знаний, базирующейся на микробиологии, биохимии, молекулярной биологии, биоорганической химии, биофизике, вирусологии, иммунологии, генетике. Сегодня биотехнология – это интегральная наука, определяющая научно-технический прогресс. Биотехнология – единственная дисциплина, объединяющая фундаментальную и прикладную науку, а также производство. Развитие и широкое использование современных биотехнологий в медицине, пищевой, фармацевтической промышленности, сельском хозяйстве и других отраслях экономики является определяющим для устойчивого социально-экономического развития страны, повышения качества жизни населения. Важнейшим фактором успешного развития отечественной биотехнологии является дальнейшее совершенствование системы биотехнологического образования.

## 1. Цели и задачи

### Цель дисциплины

- ☐ освоение студентами фундаментальных основ современной биотехнологии, основанной на методологиях генетической и метаболической инженерии микроорганизмов, растений, животных и растительных клеток;
- ☐ ознакомление с основными достижениями биоэкономики, включая производство из возобновляемого сырья биотоплива, химикатов, биопластиков, терапевтических белков, геномодифицированных растений (ГМО);
- ☐ ознакомление с новыми тенденциями в развитии биотехнологии, такими как микробные топливные элементы, биосинтез на основе синтез газа, электробиосинтез.

### Задачи дисциплины

- ☐ формирование базовых знаний в области биотехнологии – дисциплины, интегрирующей достижения современной молекулярной биологии, биоинформатики и химической технологии;
- ☐ усвоение принципов создания генно-инженерных организмов с полезными свойствами и осуществление биотехнологических процессов при культивировании микроорганизмов, культур клеток животных и растений;
- ☐ получение знаний в области биоэкономики, позволяющих ориентироваться в современных инновационных технологиях использующих живые системы.

## 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области физико-математических наук	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания в области физико-математических наук
	ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности
	ОПК-1.3 Понимает междисциплинарные связи в области математики и физики и способен их применять при решении задач профессиональной деятельности
ОПК-2 Имеет представление об актуальных проблемах науки и техники в области своей профессиональной деятельности, способен на научном языке формулировать профессиональные задачи	ОПК-2.1 Имеет представление о современном состоянии исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ОПК-2.2 Способен оценивать актуальность исследований в области своей профессиональной деятельности и их практическую значимость
	ОПК-2.3 Владеет профессиональной терминологией, используемой в современной научно-технической литературе, обладает навыками устного и письменного изложения результатов научной деятельности в рамках профессиональной коммуникации

ОПК-3 Способен выбирать и (или) разрабатывать подходы к решению типовых и новых задач в области профессиональной деятельности, учитывая особенности и ограничения различных методов решения	ОПК-3.1 Способен анализировать задачу, планировать пути решения, предлагать и комбинировать способы решения
	ОПК-3.2 Способен использовать исследовательские методы при решении новых задач, применяя знания в различных областях науки (техники)
	ОПК-3.3 Владеет аналитическими и вычислительными методами решения, понимает и учитывает на практике границы применимости получаемых решений
ОПК-4 Способен успешно реализовывать решение поставленной задачи, провести анализ результата и представить выводы, применяя знания и навыки в области физико-математических наук и информационно-коммуникационных технологий	ОПК-4.1 Способен применять знания и навыки по использованию информационно-коммуникационных технологий для поиска и изучения научной литературы, применения прикладных программных продуктов
	ОПК-4.2 Способен применять знания в области физико-математических наук для решения поставленной задачи, формулирования выводов и оценки полученных результатов
	ОПК-4.3 Способен аргументировано выбирать способ проведения научного исследования

### 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- ☐ основные принципы, на которых основано функционирование биотехнологических систем;
- ☐ принципы работы биохимических реакторов (ферментёров) при аэробных и анаэробных условиях, микробных топливных элементов, аэро- и метанотенков.

уметь:

- ☐ оценивать биотехнологические процессы с экономической и экологической точек зрения.

владеть:

- ☐ биохимической терминологией;
- ☐ принципами классификации биологических молекул;
- ☐ навыками адекватной оценки представленной в литературе информации;
- ☐ способностью оценивать результаты, полученные с помощью различных биохимических технологий (полимеразная цепная реакция, электрофорез в полиакриламидном геле, различные виды хроматографии и масспектрометрии).

### 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

#### 4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Биотехнология охраны окружающей среды.	2	2		
2	Биотопливо.	2	2		
3	Генная инженерия микроорганизмов, растений, животных. Методы и цели.	2	2		
4	ГМО растения.	2	2		
5	Конструирование штаммов – микроорганизмов сверхпродуцентов метаболитов.	2	2		

6	Культивирование микроорганизмов и клеток эукариот.	2	2		
7	Микробные топливные элементы. Электробиосинтез.	2	2		18
8	Нефотокимическое восстановление углекислого газа микроорганизмами.	2	2		
9	Определение понятий биотехнология и биоэкономика.	2	2		24
10	Развитие биотехнологии в Российской Федерации.	2	2		
11	Регенеративная медицина.	2	2		
12	Регуляция метаболизма микробной клетки.	2	2		3
13	Рекомбинантные белки, используемые в медицине.	2	2		
14	Ферментативные процессы в Биотехнологии.	2	2		
15	Химикаты на базе возобновляемого сырья.	2	2		
Итого часов		30	30		45
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		135 час., 3 зач.ед.			

#### 4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

##### Семестр: 3 (Осенний)

##### 1. Биотехнология охраны окружающей среды.

Метанотенки, аэротенки. Биодegradация поллютантов (нефти).

##### 2. Биотопливо.

Биоэтанол I поколения. Целлюлозный этанол. Бутанол и изобутанол. Биодизель.

##### 3. Генная инженерия микроорганизмов, растений, животных. Методы и цели.

Векторы и методы доставки ДНК в клетку. PCR- реакция. Рекомбинация.

##### 4. ГМО растения.

Периодическое и непрерывное культивирование (хемостат). Среда и реакторы. Методы контроля и регуляции роста.

##### 5. Конструирование штаммов – микроорганизмов сверхпродуцентов метаболитов.

Классическая селекция: мутагенез и отбор. Метаболическая инженерия. Редокс-баланс. Стехиометрические модели. Примеры: продуценты аминокислот L-треонина и 1,4-бутандиола.

##### 6. Культивирование микроорганизмов и клеток эукариот.

Периодическое и непрерывное культивирование (хемостат). Среда и реакторы. Методы контроля и регуляции роста.

## 7. Микробные топливные элементы. Электробиосинтез.

Электрогены. Способы передачи электронов на поверхность клетки. конструкция и эффективность микробных топливных элементов. Примеры электробиосинтеза.

## 8. Нефотохимическое восстановление углекислого газа микроорганизмами.

Биохимия процесса. Ацетогены. Рост организмов на синтез-газе. Конструкция реакторов.

## 9. Определение понятий биотехнология и биоэкономика.

История вопроса. Области применения биотехнологии в сельском хозяйстве, медицине, охране окружающей среды в производстве биотоплива и химикалиев.

## 10. Развитие биотехнологии в Российской Федерации.

История, современное состояние. Сырьевой ресурсный потенциал.

## 11. Регенеративная медицина.

Стволовые клетки. Материалы для поддержания клеток: полиэферы; коллаген; хитозан; рекомбинантные белки паутины.

## 12. Регуляция метаболизма микробной клетки.

Аллостерическое регулирование активности ферментов; репрессия, стабильность РНК, аллармон ppGpp, стрессовый ответ.

## 13. Рекомбинантные белки, используемые в медицине.

Инсулин, гормон роста, интерфероны, эритропоэтин, факторы свертывания крови. Моноклональные антитела. Продукция в культуре клеток, в растениях и животных.

## 14. Ферментативные процессы в Биотехнологии.

Гидролазы:  $\alpha$ -амилаза, глюкоамилаза, осахаривание крахмала; целлюлозы: осахаривание целлюлозы; протеазы, липазы в стиральных порошках.

## 15. Химикаты на базе возобновляемого сырья.

Изопрен; молочная, янтарная и итаконовая кислоты. Биополимеры: полигидроксиалконаты: полилактат (PLA), полибутиленсукцинат (PBS).

## 5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

учебная аудитория, оснащенная компьютером и мультимедийным оборудованием (проектор, звуковая система).

## 6.Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Дебабов В.Г., Титов А. Нефтехимия без нефти. Исчезающие без вреда. Нефтехимия РФ, № 2, 2011
2. Shahet A.A. et al. Biological degradation of plastics: A comprehensive review. Biotechnology Advances, V. 26, 246-265, 2008.
3. Дебабов В.Г. Биоэтанол из синтез газа. Биотехнология № 3, стр. 8, 2012.
4. Erikson B., Nelson Y.E., Winters P. J. Perspective on opportunities in industrial biotechnology in renewable chemicals. Biotechnology, V. 7, 2012.
5. Перт С.Дж. Основы культивирования микроорганизмов и клеток. – М: Мир, 1978.
6. Дебабов В.Г. Селекция микроорганизмов на заре XXI века. Биотехнология, № 4, стр. 3-19, 2005.
7. Шестаков С.В. Вклад метагеномики в развитие биотехнологии. Биотехнология, № 6, стр. 8, 2011.
8. Деев С.М., Поляновский О.Л. Моноклональные антитела для диагностики и терапии. Биотехнология, № 2, стр. 3-13, 2008.
9. Carter P.J. Introduction to current and future protein therapeutics: A protein engineering perspective. Experimental cell research. V. 317, pp. 1261-1269, 2011.

#### Дополнительная литература

Фонд литературы кафедры

1. Lovley Derek R. The microbe electric: conversion of organic matter to electricity. Current Opinion in Biotechnology. V. 19, pp. 564-571, 2008.
2. Дебабов В.Г. Производство электричества микроорганизмами. Микробиология. Т. 77, № 2, стр. 149-157, 2008.
3. Nevin K.P., Woodard T.L., Franks A.E., Summers Z.M. and Lovley D.R. Microbial electrosynthesis: feeding microbes electricity to convert carbon dioxide and water to multicarbon extracellular organic compounds. mBio, V. 1, Issue 2, e00103-10, 2010.
4. Ross D.E., Flynn J.M., Baron D.B., Gralnick J.A., Bond D.R. Towards electrosynthesis in Shewanella: energetics of reversing the Mt2 pathway for reductive metabolism. PLoS ONE, V. 6, e16649, 2011.
5. Strycharz S.M., Glaven R.H., Coppi M.V., Cannon S.M., Perpetua L.A., Liu A., Nevin K.P., Lovley D.R. Gene expression and deletion analysis of mechanisms for electron transfer from electrodes to Geobacter sulfurreducens. Bioelectrochemistry, V. 80, pp. 142-150, 2011.
6. Moisenovich M.M. et al. Tissue regeneration in vivo within recombinant spider silk scaffolds. Biomaterials, 33 (15) : 3887-98, 2011.

#### **7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

1. <http://lib.mipt.ru> – электронная библиотека Физтеха.
2. <http://www.Sci-lib.com> – Большая научная библиотека.
3. <http://www.coskata.com>; [ineos.com](http://www.ineos.com); [lanzatech.com](http://www.lanzatech.com); - этанол из синтез газа.
4. <http://www.gevo.com> Изобутанол.
5. <http://www.genomatic.com> 1,4 бутандиол.
6. <http://www.myriant.com> Янтарная кислота.
7. <http://journal.issep.rssi.ru> Лутова Л.Л. Генетическая инженерия растений. Свершения и надежды. Соросовский образовательный журнал.
8. <http://www.zerno-na.com/?p=1203> Скрыбин К.Г. Растения XXI века.
9. [http://www.vnisbi.ru/ru/labs/genetic\\_engineering](http://www.vnisbi.ru/ru/labs/genetic_engineering) Долгов С.В. Лаборатория генетической инженерии.

#### **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

Microsoft PowerPoint.

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Для успешного освоения курса, помимо посещения лекций и семинаров, от студентов требуется самостоятельная работа в объеме не меньшем, чем часы, указанные для каждого раздела программы. В основном, это время отводится на самостоятельное чтение литературы по пройденным и смежным темам. Самостоятельные занятия включают в себя также повторение материала лекций. В качестве промежуточного контроля будет проведено 2 коллоквиума по пройденным темам. Студенты, успешно прошедшие все формы промежуточного контроля, допускаются к сдаче экзамена по дисциплине.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Конвергентные нано-, био-, информационные и когнитивные технологии Физтех-школа природоподобных, плазменных и ядерных технологий им. И.В. Курчатова кафедра нано, био, информационных и когнитивных технологий
<b>курс:</b>	2
<b>квалификация:</b>	магистр
Семестр, формы промежуточной аттестации: 3 (осенний) - Экзамен	
<b>Разработчик:</b>	В.Г. Дебабов, д-р биол. наук, профессор



## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области физико-математических наук	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания в области физико-математических наук
	ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности
	ОПК-1.3 Понимает междисциплинарные связи в области математики и физики и способен их применять при решении задач профессиональной деятельности
ОПК-2 Имеет представление об актуальных проблемах науки и техники в области своей профессиональной деятельности, способен на научном языке формулировать профессиональные задачи	ОПК-2.1 Имеет представление о современном состоянии исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ОПК-2.2 Способен оценивать актуальность исследований в области своей профессиональной деятельности и их практическую значимость
	ОПК-2.3 Владеет профессиональной терминологией, используемой в современной научно-технической литературе, обладает навыками устного и письменного изложения результатов научной деятельности в рамках профессиональной коммуникации
ОПК-3 Способен выбирать и (или) разрабатывать подходы к решению типовых и новых задач в области профессиональной деятельности, учитывая особенности и ограничения различных методов решения	ОПК-3.1 Способен анализировать задачу, планировать пути решения, предлагать и комбинировать способы решения
	ОПК-3.2 Способен использовать исследовательские методы при решении новых задач, применяя знания в различных областях науки (техники)
	ОПК-3.3 Владеет аналитическими и вычислительными методами решения, понимает и учитывает на практике границы применимости получаемых решений
ОПК-4 Способен успешно реализовывать решение поставленной задачи, провести анализ результата и представить выводы, применяя знания и навыки в области физико-математических наук и информационно-коммуникационных технологий	ОПК-4.1 Способен применять знания и навыки по использованию информационно-коммуникационных технологий для поиска и изучения научной литературы, применения прикладных программных продуктов
	ОПК-4.2 Способен применять знания в области физико-математических наук для решения поставленной задачи, формулирования выводов и оценки полученных результатов
	ОПК-4.3 Способен аргументировано выбирать способ проведения научного исследования

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Основы биотехнологии» обучающийся должен:

### знать:

- ☐ основные принципы, на которых основано функционирование биотехнологических систем;
- ☐ принципы работы биохимических реакторов (ферментёров) при аэробных и анаэробных условиях, микробных топливных элементов, аэро- и метанотенков.

### уметь:

- ☐ оценивать биотехнологические процессы с экономической и экологической точек зрения.

### владеть:

- ☐ биохимической терминологией;
- ☐ принципами классификации биологических молекул;
- ☐ навыками адекватной оценки представленной в литературе информации;
- ☐ способностью оценивать результаты, полученные с помощью различных биохимических технологий (полимеразная цепная реакция, электрофорез в полиакриламидном геле, различные виды хроматографии и масспектрометрии).

### **3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю**

В целях текущего контроля успеваемости предусмотрен краткий опрос по темам предыдущих занятий по теме прошлой лекции или в конце занятия по пройденной теме.

### **3. Перечень типовых контрольных заданий, используемых для оценки знаний, умений, навыков**

Промежуточная аттестация по дисциплине «Основы биотехнологии» осуществляется в форме экзамена. Экзамен проводится в устной форме.

#### Контрольные вопросы:

1. В чем отличие биотоплива I, II и III поколений? Назовите экономические, экологические и политические стимулы производства биотоплива.
2. В чем преимущества и недостатки газификации биомассы по сравнению с её осахариванием для производства биотоплива и химикатов?
3. Каковы потенциальные опасности ГМО (генно-модифицированных) растений. Опасны ли для здоровья, используемые сегодня ГМО соя и кукуруза?
4. В чем преимущество электрогенных микроорганизмов перед другими микроорганизмами при их использовании в микробных топливных элементах?
5. В чем преимущества и недостатки биопластиков по сравнению с традиционными полимерами из нефти и газа?
6. Какие генетические изменения необходимо произвести в геноме микроорганизма для усиления потока углерода по заданному пути? Привести пример.
7. Какими свойствами должны обладать материалы, используемые в регенеративной медицине? Обсудить свойства материалов на базе рекомбинантного спидроина.

#### Контрольные задания:

1. Сравнить структурные формулы крахмала и целлюлозы. Описать условия их ферментативного и химического гидролиза до сахаров.
2. Описать устройство (и разные типы) микробных топливных элементов. Описать зависимость эффективности работы элементов от внутреннего сопротивления. Влияние материала электродов и мембран на эффективность.
3. Биотехнологическое получение янтарной кислоты. Описать процесс. Химикаты на базе янтарной кислоты и полимеры на основе этих химикатов.

#### Список контрольных вопросов к экзаменам:

1. Биотехнология, Биоэкономика. Определения.
2. Причины, определяющие быстрое развитие биотехнологии в мире.
3. Области (разделы) биотехнологии.
4. Терапевтические рекомбинантные белки (4-5 примеров). Моноклональные тела.
5. Традиционная селекция микроорганизмов. Методология. Примеры штаммов-продуцентов. Геномный шафлинг.
6. Метаболическая инженерия микроорганизмов. Методы. Инсерции и инактивации генов в хромосомах. Промоторы.
7. Методы пространственной колокализации ферментов, катализирующих последовательные реакции метаболического пути.
8. Источники нужных генов. Коллекции микроорганизмов. Базы данных. Метагеномные библиотеки.
9. Цели генетических манипуляций при создании штаммов-продуцентов метаболитов.
10. Продуцент L-треонина. Активный транспорт метаболитов и субстратов.
11. Продуцент рибофлавина. Рибосвитч.

12. Характерные особенности современного промышленного штамма. Продуктивность, конверсия по субстрату; безопасность.
13. Сырье для биотоплива. Потенциальные конкурентные преимущества РФ. Реально доступные объемы сырья в РФ.
14. Топливный этанол. Объемы производства. Сырье. Цены. География производства. Перспективы.
15. Глубокая переработка зерна. Сухой и влажный способы предобработки зерна в производстве этанола.
16. Биотопливо II поколения. Целлюлозный этанол. Методы осахаривания лигноцеллюлозы.
17. Биобутанол. ABE-процесс. Изобутанол.
18. Фиксация CO<sub>2</sub> ацетогенами. Путь Вуда-Льюнгаля.
19. Этанол из синтез-газа. Мембранные реакторы. Газификация биомассы. Фирмы, разрабатывающие процесс. Достигнутый уровень развития технологии.
20. Биодизель. Сырье, объемы производства. Перспективы развития технологий. Побочные продукты.
21. Биodeградируемые и традиционные пластики из возобновляемого сырья (5-6 примеров).
22. Получение этилена и пропилена из сахаров.
23. Полимолочная кислота (полилактидная кислота, полилактид, PLA). Свойства, объемы производства, цены. Перспективы улучшения качества и удешевления процесса.
24. Полигидроксиалконаты. Получение. Свойства. Цены.
25. Биоразлагаемые полимеры на базе крахмала. Полипропилен и полиэтилен с оксодобавками.
26. Янтарная кислота. Микроорганизмы-продуценты и их преимущества и недостатки. Ферментация при низких pH.
27. Янтарная кислота. Главные продукты, получаемые из янтарной кислоты. Характеристика рынка, динамика роста производства.
28. 1,3-пропандиол. Продукция из глицерина и из глюкозы. Полимер Sorana – строение и применение.
29. Изопрен. Прямой микробиологический синтез. Синтез через изобутанол.
30. Микробные топливные элементы (Microbial fuel cells. MFC). Устройство. Максимальный теоретический потенциал.
31. Потеря потенциала в реальных MFC. Преодоление этих потерь: конструкция ячеек; материал электродов.
32. Электротранспортная цепь бактериальной клетки. Электрогены. Транспорт электронов на поверхность клетки.
33. Три способа транспорта электронов из клетки на анод.
34. Типы MFC: двухкамерные, однокамерные, проточные.
35. Получение водорода в электролизных топливных элементах (MEC).
36. Биоэлектросинтез. Восстановление на катоде CO<sub>2</sub> прямой передачей электронов бактериальной клетке.
37. Спидроины: свойства, структура. Рекомбинантные аналоги спидроина. Вторичная структура. Связь структуры и механических свойств материалов, получаемых из спидроинов.
38. Получение плёнок, нитей, трёхмерных структур из спидроинов. Иерархия структур при образовании материалов.
39. Медицинское применение изделий из рекомбинантных спидроинов.
40. Ферментёры для выращивания микроорганизмов. Контролируемые параметры.
41. Рост микроорганизмов: кривая роста, удельная скорость роста, экономический коэффициент, метаболический коэффициент.

42. Способы культивирования микроорганизмов: периодический, с добавлением субстраты, отъёмно-доливной методы.
43. Хемостат. Удельная скорость роста. Концентрация биомассы и лимитирующего субстрата. Критическая скорость разбавления.
44. Культивирование клеток млекопитающих. Клеточные линии. Питательные среды.
45. Клетки млекопитающих: способы культивирования, биореакторы.
46. Оптимизация культивирования клеток млекопитающих. Контрольные точки в процессе. Примеры получения терапевтических белков (2-3 примера).
47. Способы введения ДНК в клетки растений. Регенерация растений из отдельных тканей.
48. ГМО растения, широко используемые в мировом сельском хозяйстве. Площади, занятые ГМО. Страны, использующие ГМО. Какие модификации введены в кукурузу, сою, рапс и хлопок.
49. Использование клеток растений (глубинное культивирование) для производства ценных метаболитов.
50. Использование растений в качестве хозяев для синтеза рекомбинантных терапевтических белков и вакцин.

#### Примеры экзаменационных билетов:

##### Билет № 1

1. Биотопливо II поколения. Целлюлозный этанол. Методы осахаривания лигноцеллюлозы.
2. Роль геномного шафлинга в селекции промышленных микроорганизмов-продуцентов.
3. Типы микробных топливных элементов (двухкамерные, однокамерные, безмембранные).

##### Билет № 2

1. Три способа транспорта электронов из бактериальной клетки на анод микробного топливного элемента.
2. Полимолочная кислота (PLA). Производство, свойства.
3. Способ введения ДНК в клетки растений.

#### **4. Критерии оценивания**

Оценка	Баллы	Критерии
отлично	10	Выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.
	9	Выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и

		правильное обоснование принятых решений.
	8	Выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.
хорошо	7	Выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.
	6	Выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.
	5	Выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.
удовлетворительно	4	Выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.
	3	Выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.
неудовлетворительно	2	Выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

	1	Выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.
--	---	--

**5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности.**

При проведении экзамена обучающемуся предоставляется не менее 60 минут на подготовку. Опрос по билету и ответы на дополнительные вопросы не должен превышать двух астрономических часов. По завершении отведенного на опрос времени, экзаменатор должен выставить обучающемуся оценку в соответствии с вышеприведенными критериями.