

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович
Должность: Проректор по учебной и методической работе
Дата подписания: 28.08.2025 10:25:48
Уникальный программный ключ:
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(технический университет)»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной
и методической работе
_____ Б. В. Пекаревский
« ____ » _____ 2025 г.

Рабочая программа дисциплины
БИОТЕХНОЛОГИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

Специальность
06.05.01 Биоинженерия и биоинформатика

Специализация
Биоинженерия и биоинформатика

Квалификация
Инженер

Форма обучения
Очная

Факультет **химической и биотехнологии**
Кафедра **технологии микробиологического синтеза**

Санкт-Петербург
2025

Б1.В.02

СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	4
2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы.....	5
3. Объем дисциплины	5
4. Содержание дисциплины	
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.....	6
4.2. Занятия лекционного типа.....	7
4.3. Занятия семинарского типа.....	9
4.3.1. Семинары, практические занятия	9
4.3.2. Лабораторные занятия.....	9
4.4. Самостоятельная работа обучающихся.....	10
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	10
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	10
7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины	11
8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.....	12
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	13
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	
10.1. Информационные технологии.....	13
10.2. Программное обеспечение.....	13
10.3. Базы данных и информационные справочные системы.....	13
11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы	13
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья	14
Приложения: 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	15

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения образовательной программы специалитета обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
ПК-1 Способен осуществлять биотехнологические процессы по получению БАВ	ПК-1.3 Осуществление биотехнологических процессов по получению БАВ	Знать: принципы построения и этапы реализации биотехнологических процессов получения биологически активных веществ на основе микробиологического синтеза. Уметь: разрабатывать технологические схемы и подбирать параметры биопроцессов для получения целевых БАВ. Владеть: методами планирования, организации и выполнения лабораторных и производственных этапов биотехнологических процессов, включая работу с культурами-продуцентами и оборудованием.
ПК-2 Способен разрабатывать предложения по совершенствованию биотехнологий БАВ с использованием микробиологического синтеза и биотрансформации микроорганизмов, клеточных культур животных и растений	ПК-2.2 Разработка предложений по совершенствованию биотехнологий БАВ	Знать: методы биотрансформации, селекции и генетической модификации продуцентов, используемые для повышения эффективности биотехнологий БАВ. Уметь: выявлять узкие места в существующих технологиях и формулировать обоснованные предложения по их совершенствованию с учётом современных научных и инженерных подходов. Владеть: навыками проектирования и моделирования технологических процессов получения БАВ, включая выбор штамма-продуцента, среды, условий культивирования и стадий очистки — с учётом технико-экономических и экологических показателей.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Биотехнология биологически активных веществ» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений (Б1.В.02) и изучается на 4 курсе в 8 семестре.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин «Микробиология», «Вирусология», «Общая биотехнология», «Биохимия микроорганизмов», «Методологические основы исследований в биотехнологии». Полученные в процессе изучения дисциплины «Биотехнология БАВ» знания, умения и навыки могут быть использованы при изучении дисциплин «Иммунобиотехнология», «Инженерная энзимология», «Основы конструирования лекарственных средств».

3. Объем дисциплины

Вид учебной работы	Всего, ЗЕ/академ. часов
Общая трудоемкость дисциплины (зачетных единиц/ академических часов)	7/252
Контактная работа с преподавателем:	126
занятия лекционного типа	36
занятия семинарского типа, в т.ч.	72
семинары, практические занятия (в том числе практическая подготовка)	-
лабораторные работы (в том числе практическая подготовка)	72 (72)
курсовое проектирование (КР или КП)	18
КСР	18
другие виды контактной работы	-
Самостоятельная работа	72
Форма текущего контроля (Кр, реферат, РГР, эссе)	
Форма промежуточной аттестации (КР, КП, зачет, экзамен)	Экзамен (36) КП

4. Содержание дисциплины

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, академ. часы	Занятия семинарского типа, академ. часы		Самостоятельная работа, академ. часы	Формируемые компетенции	Формируемые индикаторы
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы			
1	Биотехнологии получения белка одноклеточных на разных субстратах	14	-	24	22	ПК-1	ПК-1.3
2	Биотехнологии получения пищевого белка	8	-	24	18	ПК-1, ПК-2	ПК-1.3, ПК-2.2
3	Биотехнологии получения биологически активных веществ	14	-	24	32	ПК-2	ПК-2.2
	Итого	36	-	72	72		

4.2. Занятия лекционного типа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	Области применения белка одноклеточных. Требования, предъявляемые к организмам, используемым для получения кормовой биомассы. Критерии биологической ценности белка одноклеточных. Субстраты, используемые для производства микробной биомассы.	2	ЛВ
1	Состав целлюлозосодержащего сырья. Технологическая схема гидролиза целлюлозосодержащего сырья. Основные стадии подготовки гидролизатов для культивирования микроорганизмов. Состав гидролизатов. Получение предгидролизатов и сульфитных щелоков. Подготовка сульфитных щелоков как источника углерода для выращивания микроорганизмов.	3	ЛВ
1	Характеристика микроорганизмов, используемых для производства кормового белка на гидролизатах, предгидролизатах и сульфитных щелоках. Основные пути селекции культур. Микробные биоценозы при получении белка одноклеточных на гидролизных средах. Технологическая схема получения кормовых дрожжей на гидролизных средах. Характеристика готового продукта.	3	ЛВ
1	Характеристика жидких углеводов как сырья для выращивания микроорганизмов. Основные методы получения жидких парафинов из нефтяных фракций. Микроорганизмы- продуценты белка на жидких углеводах. Закономерности роста дрожжей на средах с н-парафинами. Технологическая схема получения кормовых дрожжей на н-парафинах. Характеристика готового продукта.	2	ЛВ
1	Характеристика газообразных углеводов как сырья для выращивания микроорганизмов. Микроорганизмы, утилизирующие газообразные углеводороды. Закономерности роста микроорганизмов на метане. Основные требования к ферментационному оборудованию, используемому для культивирования метанотрофов. Технологическая схема получения биомассы на метане. Характеристика готового продукта.	2	ЛВ
1	Методы получения метанола. Микроорганизмы, утилизирующие метанол. Закономерности роста микроорганизмов на метаноле. Технология получения биомассы бактерий и дрожжей на метаноле. Характеристика готового продукта.	1	ЛВ
1	Методы получения этанола. Микроорганизмы, утилизирующие этанол. Закономерности процесса выращивания микроорганизмов на этаноле.	1	ЛВ

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	Принципиальная технологическая схема получения белка одноклеточных на этаноле. Характеристика готового продукта.		
2	Пути использования микробного белка для пищевых целей: цельная и частично облагороженная биомасса, белковые изоляты. Основные требования к микробной биомассе, используемой в качестве пищевой добавки. Бактериальная и дрожжевая биомасса как источник пищевого белка. Методы получения белковых изолятов из бактерий и дрожжей.	2	ЛВ
2	Водород как перспективное сырье для получения биомассы микроорганизмов пищевого достоинства. Водородные бактерии. Влияние состава питательной среды и условий культивирования на рост водородных бактерий. Принципиальная технологическая схема получения белка одноклеточных на водороде. Карбоксидобактерии. Совместное культивирование водородных и карбоксидобактерий.	2	ЛВ
2	Съедобные водоросли. Методы культивирования водорослей и условия, оптимальные для их роста. Белковые изоляты из водорослей. Получение белково-углеводного комплекса пищевого достоинства из хлореллы	2	ЛВ
2	Основные виды грибов, культивируемые в промышленных масштабах. Технология производства шампиньонов по однозональной и многозональной схеме.	2	ЛВ
3	Основные аминокислоты, производимые в промышленных масштабах. Области применения аминокислот. Получение аминокислот из гидролизатов белкового сырья. Аминокислоты, получаемые химическим синтезом. Получение аминокислот биотрансформацией. Микробиологический синтез аминокислот.	2	ЛВ
3	Характеристика микроорганизмов - продуцентов лизина. Влияние компонентов питательной среды и условий культивирования на процесс биосинтеза лизина. Технологическая схема получения лизина. Товарные формы препаратов лизина и их характеристика.	2	ЛВ
3	Микроорганизмы - продуценты глутаминовой кислоты. Факторы, регулирующие накопление глутаминовой кислоты. Технология производства глутаминовой кислоты. Характеристика готового продукта. Получение глутамата натрия.	2	ЛВ
3	Технология производства триптофана трансформацией антралиловой кислоты и индола. Микробный синтез триптофана. Микроорганизмы - продуценты триптофана. Основные закономерности биосинтеза	2	ЛВ

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	триптофана. Принципиальная технологическая схема получения.		
3	Биологически активные пептиды. Способы биосинтеза. Микробиологический синтез пептидов.	2	ЛВ
3	Органические кислоты. Микробиологический синтез органических кислот	2	ЛВ
3	Энтомопатогенные препараты. Биотехнология энтомопатогенных препаратов	2	ЛВ

4.3. Занятия семинарского типа

4.3.1. Семинары, практические занятия

Учебным планом не предусмотрены.

4.3.2. Лабораторные занятия

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Примечание
		всего	в том числе на практическую подготовку	
1	Получение биомассы дрожжей на гидролизатах растительного сырья	8	8	
1	Биосинтез микробного белка на жидких углеводородах	8	8	
1	Культивирование метанотрофных бактерий	8	8	
2	Получение биомассы съедобных грибов глубинным культивированием	8	8	
2	Выращивание хлореллы/спирулины	8	8	
2	оценка качества пищевой биомассы	8	8	
3	Получение и выделение внеклеточных ферментов из микроорганизмов	12	12	
3	Получение лимонной кислоты	12	12	

4.4. Самостоятельная работа обучающихся

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	Сравнительный анализ микроорганизмов – продуцентов микробного белка на глюкозе, метане, парафинах и метаноле	8	Устный опрос
1	Биотехнология получения микробного белка на целлюлозосодержащем сырье	6	Устный опрос
1	Методы выделения и количественного определения белка в микробной биомассе	6	Устный опрос
1	Экологические и санитарные аспекты микробных производств белка и биологически активных веществ	2	Устный опрос
2	Микроводоросли как источник пищевого белка: особенности культивирования и получения белковых изолятов	6	Устный опрос
2	Технологии промышленного культивирования съедобных грибов: сравнение субстратов и схем выращивания	6	Устный опрос
2	Перспективы использования микробного белка в составе функциональных пищевых продуктов	6	Устный опрос
3	Микробиологический синтез аминокислот: лизин и глутаминовая кислота	8	Устный опрос
3	Биотехнология получения биологически активных пептидов с использованием микроорганизмов	6	Устный опрос
3	Микроорганизмы – продуценты органических кислот: лимонной, молочной и уксусной	6	Устный опрос
3	Биотрансформация как метод получения биологически активных веществ	6	Устный опрос
3	Энтомопатогенные микроорганизмы и их применение в биозащите растений	6	Устный опрос

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Методические указания для обучающихся по организации самостоятельной работы по дисциплине, включая перечень тем самостоятельной работы, формы текущего контроля по дисциплине и требования к их выполнению размещены в электронной информационно-образовательной среде СПбГТИ(ТУ) на сайте: <https://media.spbti.ru>

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация по дисциплине «Биотехнология биологически активных веществ» проводится в форме экзамена и защиты курсового проекта.

Экзамен предусматривают выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций.

При сдаче экзамена студент получает три вопроса из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу - до 45 мин.

Пример варианта вопросов на экзамене:

Вариант № 1

1. Характеристика микроорганизмов-продуцентов триптофана, глутаминовой кислоты, лизина.
2. Подготовка питательных сред и стерилизация в биотехнологическом эксперименте.
3. Комбинированные подходы к получению новых продуцентов БАВ.

Результаты освоения дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций достигнут пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе – оценка «удовлетворительно».

7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины

а) печатные издания:

- 1 Нетрусов, А. И. Введение в биотехнологию : учебник для вузов по направлению "Биология" и смежным направлениям / А. И. Нетрусов. — Москва : Академия, 2014. — 288 с. — ISBN 978-5-7695-9147-1.
- 2 Чхенкели, В. А. Биотехнология : учебное пособие для аграрных вузов по направлению 111100 "Зоотехния" и специальности 111201 "Ветеринария" / В. А. Чхенкели. — Санкт-Петербург : Проспект науки, 2014. — 335 с..
- 3 Безбородов, А. М., Квеситадзе, Г. И. Микробиологический синтез / А. М. Безбородов, Г. И. Квеситадзе. — Санкт-Петербург : Проспект науки, 2011. — 144 с. — ISBN 978-5-903090-52-5..
- 4 Биотехнология : учебник для вузов по сельскохозяйственным, естественнонаучным, педагогическим специальностям и магистерским программам / И. В. Тихонов, Е. А. Рубан, Т. Н. Грязнева [и др.] ; под ред. Е. С. Воронина. — Санкт-Петербург : ГИОРД, 2008. — 703 с. — ISBN 978-5-98879-072-3.
- 5 Грачева, И. М., Иванова, Л. А., Кантере, В. М. Технология микробных белковых препаратов, аминокислот и биоэнергия : учебник для вузов по специальности "Биотехнология". — Москва : Колос, 1992. — 383 с. — ISBN 5-10-002054-7.
- 6 Блинов, Н. П. Основы биотехнологии / Н. П. Блинов. — Санкт-Петербург : Наука, 1995. — 600 с.
- 7 Яковлев, В. И. Биотехнология микробного синтеза : учебное пособие / В. И. Яковлев ; Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра технологии микробиологического синтеза. — Санкт-Петербург : [б. и.], 2005. — 294 с. : ил.

б) электронные учебные издания¹:

- 1 Винаров, А. Ю. Процессы и аппараты биотехнологии. Производство белка из метана / А. Ю. Винаров. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 128 с. — ISBN 978-5-507-45992-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/292949> (дата обращения: 05.05.2025). — Режим доступа: по подписке.
- 2 Ерёмченко, О. Н. Технология подготовки растительного сырья для биоконверсии : учебное пособие / О. Н. Ерёмченко, Е. В. Исаева, И. С. Почкутов. — Красноярск : СибГУ им. академика М. Ф. Решетнёва, 2018. — 92 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/147488> (дата обращения: 05.05.2025). — Режим доступа: по подписке.
- 3 Киселева, О. В. Биотехнология пищевого белка : учебное пособие / О. В. Киселева, В. В. Тарнопольская, П. В. Миронов. — Красноярск : СибГУ им. академика М.

¹ В т.ч. и методические пособия

Ф. Решетнёва, 2021. — 92 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/195120> (дата обращения: 05.05.2025). — Режим доступа: по подписке.

4 Миронов, П. В. Биотехнология пищевых и кормовых продуктов : учебное пособие / П. В. Миронов, Е. В. Алаудинова, В. В. Тарнопольская. — Красноярск : СибГУ им. академика М. Ф. Решетнёва, 2017. — 94 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/147484> (дата обращения: 05.05.2025). — Режим доступа: по подписке.

5 Промышленное производство биологически активных веществ : учебное пособие / А. Ю. Просеков, О. В. Кригер, Л. С. Дышлюк, Л. К. Асякина. — Кемерово : КемГУ, 2020. — 82 с. — ISBN 978-5-8353-2687-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/162609> (дата обращения: 05.05.2025). — Режим доступа: по подписке.

6 Матвеев, А. В. Современные методы выделения и исследования биологически активных веществ : учебное пособие / А. В. Матвеев, Л. Е. Гребенкина. — Москва : РТУ МИРЭА, 2022 — Часть 2 — 2022. — 119 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/311057> (дата обращения: 05.05.2025). — Режим доступа: по подписке.

8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины

Учебный план, РПД и учебно-методические материалы:

<https://media.spbti.ru>

Электронные библиотеки:

WEB of Science, WOS <http://www.chemweb.com>,

Электронная библиотека РФФИ e-library <http://elibrary.ru> <http://e-library.ru>

Scirus <http://www.scirus.com>

Sciencedirect <http://www.sciencedirect.com>

PubMed, PubMedCentral, Biomedcentral <http://www.ncbi.nlm.nih.gov>

<http://www.pubmedcentral.nih.gov> <http://www.biomedcentral.com>

CAS <http://www.cas.org> <http://www.chemport.org> <http://www.chemistry.org>

<http://www.pubs.acs.org>

CiteXplore <http://www.ebi.ac.uk/citexplore>

CSA <http://www.csa.com>

Сайты международных издательств научной литературы (ACS, RSC, J. Wiley IS, M. Dekker, Elsevier, Taylor & Francis Web site, CRC Press Web site).

Электронный каталог на сайте Фундаментальной библиотеки СПбГТИ (ТУ):

<http://www.opticsinfobase.org/>

<http://www.oecd-ilibrary.org/>

<http://www.rsc.org/chemicalscience.pdf>

<http://journals.cambridge.org/>

<http://www.nature.com/>

<http://www.sciencemag.org/>

<http://online.sagepub.com/>

<http://e.lanbook.com/>

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Все виды занятий по дисциплине «Биотехнология биологически активных

веществ» проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

СТП СПбГТИ 040-02. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лекция. Общие требования;

СТО СПбГТИ 020-2011. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лабораторные занятия. Общие требования к организации и проведению.

СТП СПбГТИ 047-2008 КС УКДВ. Система стандартов безопасности труда. Организация обучения студентов безопасности труда при проведении учебных лабораторных работ.

СТО СПбГТИ(ТУ) 044-2012. Виды учебных занятий. Курсовой проект. Курсовая работа. Общие требования. – Введ. с 01.06.2012.

СТП СПбГТИ 048-2009. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению.

СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. Порядок организации и проведения зачётов и экзаменов./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.06.2015. - СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2015.- 45 с.

Планирование времени, необходимого на изучение данной дисциплины, лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала.

Основными условиями правильной организации учебного процесса для студентов является:

- плановость в организации учебной работы;
- серьезное отношение к изучению материала;
- постоянный самоконтроль.

На занятия студент должен приходить, имея знания по уже изученному материалу.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

10.1. Информационные технологии

В учебном процессе по данной дисциплине предусмотрено использование информационных технологий:

- чтение лекций с использованием слайд-презентаций;
- взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС.

10.2. Программное обеспечение²

Microsoft Office (Microsoft Excel, Microsoft Word);

P.I.D. – expert станция инженерного сопровождения систем автоматического регулирования, версия 2.05 (демо-версия).

10.3. Базы данных и информационные справочные системы

Справочно-поисковая система «Консультант-Плюс»

11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы³

Для ведения лекционных занятий используется технически оснащенная аудитория на 25 посадочных мест.

Для проведения лабораторных занятий используются помещения, оборудованные необходимыми приборами: весы технические и аналитические, магнитные мешалки, рН-метры, сушильные шкафы, водяные бани, вакуумные насосы, дистилляторы,

² В разделе отображаются комплекты лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства, необходимого для обеспечения дисциплины

³ В разделе отображается состав помещений, которые представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой по дисциплине, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения.

фотоэлектроколориметры, напольная и настольная качалки, термостатируемые шейкеры, автоклавы, ламинарный шкаф, центрифуги, термостатируемые шкафы, микроскопы.

12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями учебные процесс осуществляется в соответствии с Положением об организации учебного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья СПбГТИ(ТУ), утвержденным ректором 28.08.2014.

**Фонд оценочных средств
для проведения промежуточной аттестации по
дисциплине «Биотехнология биологически активных веществ»**

1. Перечень компетенций и этапов их формирования

Индекс компетенции	Содержание	Этап формирования
ПК-1	Способность осуществлять биотехнологические процессы по получению БАВ	промежуточный
ПК-2	Способность разрабатывать предложения по совершенствованию биотехнологий БАВ с использованием микробиологического синтеза и биотрансформации микроорганизмов, клеточных культур животных и растений	промежуточный

2. Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования, шкала оценивания

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
ПК-1.3 Осуществление биотехнологических процессов по получению БАВ	Знает принципы построения и этапы реализации биотехнологических процессов получения биологически активных веществ на основе микробиологического синтеза.	Правильные ответы на вопросы № 1-10 к экзамену	Перечисляет основные этапы биотехнологического процесса получения БАВ, называет несколько продуцентов	Объясняет назначение этапов и характеристики наиболее распространённых продуцентов БАВ	Обосновывает выбор продуцента и этапов процесса для различных типов БАВ, анализирует их взаимосвязь
	Умеет разрабатывать технологические схемы и подбирать параметры биопроцессов для получения целевых БАВ.	Правильные ответы на вопросы № 11-20 к экзамену	Описывает простую схему получения БАВ с минимальным обоснованием параметров	Составляет корректную схему и поясняет выбор основных условий (температура, рН, субстрат)	Применяет аналитический подход к выбору параметров, оптимизирует схему под заданные цели и ограничения
	Владеет методами планирования, организации и выполнения лабораторных и производственных этапов биотехнологических процессов, включая работу с культурами-продуцентами и оборудованием.	Правильные ответы на вопросы № 21-30 к экзамену	Описывает базовые лабораторные процедуры и назначение оборудования	Демонстрирует последовательность действий при реализации биопроцесса, анализирует возможные ошибки	Уверенно планирует полный цикл биопроцесса, включая оценку эффективности и корректировку параметров

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
ПК-2.2 Разработка предложений по совершенствованию биотехнологий БАВ	Знает методы биотрансформации, селекции и генетической модификации продуцентов, используемые для повышения эффективности биотехнологий БАВ.	Правильные ответы на вопросы № 31-40 к экзамену	Перечисляет основные методы биотрансформации и примеры продуцентов	Объясняет принципы действия методов и условия их применения	Анализирует возможности и ограничения методов для различных задач, предлагает стратегии их применения
	Умеет выявлять узкие места в существующих технологиях и формулировать обоснованные предложения по их совершенствованию с учётом современных научных и инженерных подходов.	Правильные ответы на вопросы № 41-50 к экзамену	Называет возможные проблемы в биотехнологическом процессе	Предлагает обоснованные варианты улучшения с учётом научных данных	Разрабатывает комплексные предложения по оптимизации технологии с учётом эффективности, экологии и экономики
	Владеет навыками проектирования и моделирования технологических процессов получения БАВ, включая выбор штамма-продуцента, среды, условий культивирования и стадий очистки — с учётом технико-экономических и экологических показателей.	Правильные ответы на вопросы № 51-60 к экзамену и выполнение курсового проекта.	Использует типовую схему для проектирования процесса	Моделирует биотехнологический процесс с учётом входных параметров и целей	Осуществляет глубокий анализ и проектирование процесса, учитывая междисциплинарные аспекты и риски

3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации

а) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-1:

1. Этапы биотехнологического процесса получения аминокислот микробиологическим методом.
2. Состав и свойства питательной среды для синтеза биологически активных веществ.
3. Особенности биосинтеза БАВ при использовании метанотрофных бактерий.
4. Характеристика микроорганизмов-продуцентов триптофана, глутаминовой кислоты, лизина.
5. Влияние pH, температуры и аэрации на выход БАВ в микробиологических процессах.
6. Биотехнология получения БАВ на метаноле: стадии процесса и характеристики продукта.
7. Особенности синтеза органических кислот различными группами микроорганизмов.
8. Технологические параметры культивирования микроорганизмов для получения белка пищевого качества.
9. Биосинтез БАВ из растительных гидролизатов: схема и ключевые стадии.
10. Микробиологическое получение биологически активных пептидов: источники, принципы, стадии.
11. Технологическая схема получения лизина и обоснование условий культивирования.
12. Сравнительный анализ схем получения белка на этаноле, метаноле и парафинах.
13. Разработка технологической схемы биосинтеза глутаминовой кислоты.
14. Подбор режима культивирования для оптимизации выхода БАВ.
15. Обоснование выбора культуры-продуцента и среды для получения триптофана.
16. Построение схемы производства белка одноклеточных на водороде.
17. Особенности технологических схем получения белка из микроводорослей.
18. Разработка схемы биопроцесса с включением стадии иммобилизации клеток.
19. Проектирование процесса получения аминокислот с использованием биотрансформации.
20. Разработка схемы культивирования для получения БАВ в условиях ограниченного кислорода.
21. Лабораторный процесс культивирования дрожжей на гидролизатах.
22. Методы определения содержания белка в микробной биомассе.
23. Подготовка питательных сред и стерилизация в биотехнологическом эксперименте.
24. Планирование лабораторного опыта по выделению внеклеточных ферментов.
25. Организация процесса культивирования метанотрофных бактерий в лаборатории.
26. Проведение лабораторного опыта по получению лимонной кислоты.
27. Последовательность операций при выделении БАВ из культуральной жидкости.
28. Использование лабораторного оборудования при выращивании фотосинтезирующих микроорганизмов.
29. Контроль параметров в ходе культивирования бактерий-продуцентов аминокислот.
30. Подготовка и проведение лабораторного этапа с глубинным выращиванием грибов.

б) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-2:

31. Методы селекции высокопродуктивных штаммов для производства БАВ.
32. Применение ауксотрофных мутантов в биотехнологии аминокислот.
33. Методы химического и физического мутагенеза для повышения продуктивности штаммов.
34. Биотрансформация антраниловой кислоты и индола в триптофан.
35. Использование генной инженерии для модификации продуцентов БАВ.
36. Принципы отбора эффективных продуцентов БАВ на селективных средах.
37. Применение рекомбинантных штаммов в производстве аминокислот.
38. Молекулярно-генетические подходы к повышению выхода БАВ.
39. Ограничения и нормативы при применении ГМО в биотехнологии БАВ.
40. Комбинированные подходы к получению новых продуцентов БАВ.
41. Анализ факторов, ограничивающих выход БАВ при культивировании на метане.
42. Предложения по улучшению стадии очистки при производстве глутаминовой кислоты.
43. Выявление узких мест в процессе получения белка из микроводорослей.
44. Совершенствование схемы культивирования на жидких парафинах.
45. Повышение устойчивости микроорганизмов к кислотности среды при синтезе органических кислот.
46. Повышение биобезопасности процессов получения БАВ на основе ГМО.
47. Снижение энергозатрат на стадии аэрации в производстве БАВ.
48. Совершенствование схемы получения триптофана с учётом биотрансформации.
49. Устранение технологических потерь при глубинном выращивании грибов.
50. Оптимизация использования питательной среды при производстве белка одноклеточных.
51. Проектирование биотехнологического процесса получения аминокислот с учётом утилизации отходов.
52. Моделирование биореактора для культивирования метанотрофов.
53. Проектирование схемы биотрансформации с использованием иммобилизованных клеток.
54. Разработка технологической линии получения БАВ на основе спиртового субстрата.
55. Моделирование процесса получения БАВ с комбинированной подачей газов и жидких субстратов.
56. Выбор оборудования и стадий в проекте лабораторной установки по синтезу БАВ.
57. Оценка влияния режима культивирования на выход продукта в модельном биопроцессе.
58. Построение баланса массы и энергии в биотехнологическом процессе.
59. Расчёт выходов, расхода сырья и экономических показателей в модели процесса.
60. Разработка адаптивной технологической схемы для гибридных продуцентов БАВ.

При сдаче экзамена студент получает три вопроса из перечня, приведенного выше. Время подготовки студента к устному ответу на вопросы – до 45 мин.

4. Темы курсовых работ:

1. Технология получения микробного белка на целлюлозосодержащих гидролизатах: сырьё, стадии, схема процесса.
2. Культивирование дрожжей на сульфитных щелоках как источник кормовой биомассы: технологическая схема.
3. Производство белка одноклеточных на жидких парафинах: разработка технологической схемы.
4. Биотехнология получения микробного белка с использованием метанотрофных бактерий: параметры процесса и схема.
5. Технология культивирования дрожжей на этаноле: состав среды, ключевые параметры, технологическая последовательность.
6. Получение микробной биомассы на метаноле: биологические и инженерные аспекты, схема процесса.
7. Сравнительная технологическая схема получения белка на глюкозе и метаноле.
8. Разработка процесса производства микробного белка с использованием комбинированных углеродных субстратов.
9. Технология получения белка одноклеточных в ферментёрах непрерывного действия: схема и расчет.
10. Получение микробной биомассы для технических целей: стадии и оборудование процесса.
11. Технология глубинного культивирования съедобных грибов (например, *Pleurotus ostreatus*): составление технологической схемы.
12. Производство белково-углеводного комплекса из хлореллы: биологические и инженерные параметры процесса.
13. Получение пищевого белка из спирулины: условия культивирования, стадийность процесса, схема.
14. Производство облагороженной микробной биомассы с ферментативной обработкой: технология и блок-схема.
15. Технологическая схема получения белковых изолятов из дрожжевой биомассы.
16. Производство функционального пищевого ингредиента на основе микробного белка: состав и схема процесса.
17. Получение белка пищевого назначения на водороде: микробиологические особенности и организация процесса.
18. Сравнение технологий получения белка из водорослей и грибов: обоснование выбора и схем.
19. Проект культивирования смешанных культур (дрожжи + микроводоросли) для получения пищевой биомассы.
20. Разработка схемы получения белка из отходов пищевых производств с использованием микроорганизмов.
21. Производство лизина микробиологическим методом: состав среды, фазы процесса, схема.
22. Получение глутаминовой кислоты с использованием *Corynebacterium glutamicum*: биосинтез и стадии выделения.
23. Биотрансформация антраниловой кислоты в триптофан: разработка технологической схемы.
24. Технология получения лимонной кислоты с использованием *Aspergillus niger*: описание процесса и оборудования.
25. Производство органических кислот в условиях ферментации: выбор продуцента и построение схемы.
26. Получение биологически активных пептидов: этапы биосинтеза, очистки и технологическая схема.
27. Биотехнология получения энтомопатогенных препаратов на основе *Bacillus*

thuringiensis или *Beauveria bassiana*.

28. Получение комплекса аминокислот микробным способом: штаммы, среда, стадии и схема.

29. Производство БАВ с использованием иммобилизованных клеток: выбор носителя, схема процесса.

30. Технологическая схема получения биологически активных веществ в двухступенчатом культивировании (биотрансформация + ферментация).

5. Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями СПб ГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКДВ Порядок проведения зачетов и экзаменов.

По дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме экзамена и защиты курсового проекта.

Шкала оценивания на экзамене балльная («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»). При этом «удовлетворительно» соотносится с пороговым уровнем сформированности компетенции.