

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна»  
(СПбГУПТД)

УТВЕРЖДАЮ  
Первый проректор, проректор по УР  
\_\_\_\_\_ А.Е. Рудин

## Рабочая программа дисциплины

### 2.1.8.2(Ф) Проблемы экологической биотехнологии

Учебный план: 1.5.15. ИХПЭ 2025 2025-2026 уч.годplx

Кафедра: 18 Инженерной химии и промышленной экологии

Научная специальность: 1.5.15. Экология

Уровень образования: аспирантура

Форма обучения: очная

### План учебного процесса

| Семестр<br>(курс для ЗАО) |     | Контактная работа<br>обучающихся |                   | Сам.<br>работа | Контроль,<br>час. | Трудоё<br>мкость,<br>ЗЕТ | Форма<br>промежуточной<br>аттестации |
|---------------------------|-----|----------------------------------|-------------------|----------------|-------------------|--------------------------|--------------------------------------|
|                           |     | Лекции                           | Практ.<br>занятия |                |                   |                          |                                      |
| 5                         | УП  | 21                               | 42                | 45             |                   | 3                        | Зачет                                |
|                           | РПД | 21                               | 42                | 45             |                   | 3                        |                                      |
| Итого                     | УП  | 21                               | 42                | 45             |                   | 3                        |                                      |
|                           | РПД | 21                               | 42                | 45             |                   | 3                        |                                      |

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии приказом Минобрнауки России от 20.10.2021 № 951 "Об утверждении федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов)"

Составитель (и):

доктор технических наук, Профессор

Витковская Раиса  
Федоровна

От кафедры составителя:

Заведующий кафедрой инженерной химии и  
промышленной экологии

Бусыгин Николай Юрьевич

От выпускающей кафедры:

Заведующий кафедрой

Бусыгин Николай Юрьевич

Методический отдел:

# 1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

**1.1 Цель дисциплины:** сформировать у аспирантов знания, умения и навыки, в области экологии, позволяющие применить их для успешного решения в своей профессиональной деятельности задач охраны окружающей среды и ресурсосбережения на основе использования биологических систем.

**1.2 Задачи дисциплины:**

- ознакомить обучающихся с современными биообъектами и методами экологической биотехнологии;
- ознакомить обучающихся с направлениями развития техники и технологии рационального природопользования и защиты окружающей среды с использованием биохимического потенциала микроорганизмов и растений;
- научить обучающихся рациональному выбору биологических объектов, с позиции их доступности и биотехнологических возможностей.

**1.3 Место дисциплины в структуре программы аспирантуры:**

Дисциплина относится к Образовательному компоненту «Дисциплины (модули)» Программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

Знания и умения, полученные аспирантами при изучении данной дисциплины, необходимы при подготовке к сдаче кандидатского экзамена и написании диссертационной работы

История и философия науки

Научная деятельность, направленная на подготовку диссертации к защите

Автоматизированные системы обработки экспериментальных данных

## 3 СОДЕРЖАНИЕ И ПОРЯДОК ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

| Наименование и содержание разделов, тем и учебных занятий   | Семестр (курс для ЗАО) | Контактная работа |            | СР (часы) | Форма текущего контроля |
|---|------------------------|-------------------|------------|-----------|-------------------------|
|   |                        | Лек. (часы)       | Пр. (часы) |           |                         |
| Раздел 1. Экология и биотехнологии в защите и оздоровлении окружающей среды.  | 5                      |                   |            |           | С                       |
| Тема 1. Предмет экологической биотехнологии, ее цели и задачи. Биотехнологические методы и средства защиты окружающей среды. Биологические агенты. Практическое занятие "Роль развития экобиотехнологии в различных отраслях народного хозяйства (семинар)"   |                        | 1                 | 4          |           |                         |
| Тема 2. Экология микроорганизмов. Микробные биоценозы. Направление использования микроорганизмов в промышленной экологии. Минерализация, биотрансформация, микробиологическая конверсия. Практическое занятие "Направления использования микроорганизмов в промышленной экологии (семинар)"   |                        | 3                 | 4          |           |                         |
| Раздел 2. Растения в биотехнологических процессах   |                        |                   |            |           |                         |
| Тема 3. Функции растений в водоемах. Биотехнология обезвреживания сточных вод растениями. Практическое занятие "Биохимическая деятельность растений в водоемах и их использование в биотехнологии (семинар)".   |                        | 2                 | 4          |           |                         |
| Тема 4. Водно-воздушные, свободно плавающие, погружные растения. Культивирование растений в системах очистки воды. Практическое занятие "Растения в системах очистки воды (семинар)".   | ДС                     | 2                 | 4          | ДС        |                         |
| Тема 5. Естественная почвенная микрофлора и детоксикация почв от пестицидов, химических и биологических загрязнителей. Биоремедиация почв. Биотехнологическое производство и исследование биоудобрений, биологических стимуляторов роста растений, средств борьбы с болезнями и вредителями растений. Практическое занятие "Методы биоремедиации природных сред (семинар)". |                        | 2                 | 4          |           |                         |

|  |    |    |    |   |   |
|--|----|----|----|---|---|
| Раздел 3. Биотехнологии в переработке техногенных отходов  |    |    |    |   | C |
| Тема 6. Специально адаптированные микроорганизмы-биодеструкторы экотоксикантов. Иммобилизованные микроорганизмы. Полимерные насадки. Практическое занятие "Микроорганизмы-биодеструкторы загрязнений. Способы их селекции конструирования и применение (семинар)".   |    | 2  | 4  | 4 |   |
| Тема 7. Загрузки волокнистой структуры в качестве носителей микрофлоры в процессах биоремедиации. Практическое занятие "Синтез волокнистых носителей для культивирования микроорганизмов (семинар)".   |    | 2  | 4  | 5 |   |
| Тема 8. Состав газовоздушных выбросов, подверженных биодеструкции и дезодорации. Практическое занятие "Методы биоремедиации природных сред (семинар)".   |    | 2  | 4  | 5 |   |
| Тема 9. Биологические ассоциации в аэробных и анаэробных процессах очистки сточных вод. Фиторемедиация. Воздействие растений на окружающую среду. Особенности и преимущества биоремедиации с использованием растений. Практическое занятие "Биотехнология в очистке сточных вод (семинар)".  |    | 2  | 4  | 5 |   |
| Тема 10. Процесс биодеградации твердых отходов и содержимого свалок. Анаэробная переработка твердых отходов с получением биогаза. Методы биоремедиации с помощью микроорганизмов (природных, специализированных, генетически модифицированных). Практическое занятие "Биотехнологические процессы в переработке и утилизации твердых отходов (семинар)". |    | 3  | 6  | 6 |   |
| Итого в семестре (на курсе для ЗАО)  | 21 | 42 | 45 |   |   |
| Консультации и промежуточная аттестация (Зачет)  | 0  |    |    |   |   |
| <b>Всего контактная работа и СР по дисциплине</b>  |    | 63 | 45 |   |   |

#### 4. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

##### 4.1.2 Система и критерии оценивания

| Шкала оценивания | Критерии оценивания  |                   |
|------------------|--|-------------------|
|                  | Устное собеседование   | Письменная работа |
| Зачтено          | Обучающийся принял активное участие в семинарах, представил презентации к своим сообщениям, уверенно ответил на вопросы преподавателя и выполнил практическое задание, возможно допуская несущественные ошибки в ответе. |                   |
| Не зачтено       | Обучающийся не проявил активности на семинарах, не представил презентации к своим сообщениям, не ответил на вопросы преподавателя и/или не выполнил практическое   |                   |
|                  | задание, допускал существенные ошибки в ответе, свидетельствующие о недостаточном понимании предмета.  |                   |

4.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

##### 4.2.1 Перечень контрольных вопросов

| № п/п | Формулировки вопросов  |
|-------|--|
|       | Семестр 5  |
| 1     | Роль биотехнологии в защите и оздоровлении биосферы.   |
| 2     | Предмет экологической биотехнологии, ее цели и задачи.   |
| 3     | Биотехнологические методы и средства защиты окружающей среды.  |
| 4     | Биологические агенты и процессы экологической биотехнологии.   |
| 5     | Микроорганизмы главные биологические агенты экологической биотехнологии.   |
| 6     | Экология микроорганизмов.  |
| 7     | Роль микроорганизмов в превращении и круговороте веществ.  |
| 8     | Механизмы адаптации микроорганизмов к условиям внешней среды и промышленным загрязнителям.                               |
| 9     | Микробиологическое преобразование ксенобиотиков, антропогенных примесей в почве и воде.                                  |
| 10    | Направления использования микроорганизмов для защиты окружающей среды.   |
| 11    | Деградация и детоксикация загрязнителей путем биотрансформации.  |
| 12    | Биотехнология обезвреживания сточных вод растениями.   |
| 13    | Культивирование водно-воздушных, свободноплавающих, погруженные растений в системах очистки воды.                        |
| 14    | Основные типы биотехнологических сооружений с использованием водной растительности.                                      |
| 15    | Сущность биохимических процессов очистки сточных вод, их особенности и преимущества.                                     |
| 16    | Системы очистки со взвешенными и неподвижными клетками микроорганизмов.  |
| 17    | Метод адаптированных микробных культур для очистки окружающей среды от ксенобиотиков.                                    |
| 18    | Биотехнологии очистки сточных вод от трудноразлагаемых соединений.   |
| 19    | Иммобилизованные микроорганизмы в процессах очистки воды.  |
| 20    | Физиология иммобилизованных микроорганизмов.   |
| 21    | Типы реакторов с иммобилизованными микроорганизмами.   |
| 22    | Обеззараживание и обезвреживание осадков сточных вод (химическое, радиационное, термическое, биотермическая обработка).  |
| 23    | Биологическая очистка воздуха, составы газовых смесей, подверженных биологической очистке.                               |
| 24    | Микробные культуры для разложения и детоксикации загрязнителей воздушной среды, их физиология и способы культивирования. |
| 25    | Биореакторы для мокрой и сухой биоочистки воздуха.   |
| 26    | Очистка и дезодорация промышленных газов с помощью микроорганизмов.  |
| 27    | Производство биогаза.  |
| 28    | Переработка твердых отходов путем компостирования.   |
| 29    | Присутствие и выживание патогенных микроорганизмов в компосте. Влияние компостов на микрофлору почвы.                    |
| 30    | Биологическая детоксикация и восстановление почв.  |
| 31    | Детоксикация почвы от пестицидов и других химических загрязнителей. Биоремедиация почв.                                  |
| 32    | Биологические методы контроля окружающей среды.  |
| 33    | Биотестирование и биоиндикация.  |

#### 4.2.2 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

Примеры практико-ориентированных файлов приложения к рабочей программе (ФОС ПА).

#### 4.3 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (навыков и (или) практического опыта деятельности)

##### 4.3.1 Условия допуска обучающегося к промежуточной аттестации и порядок ликвидации академической задолженности

Проведение промежуточной аттестации регламентировано локальным нормативным актом СПбГУПТД «Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся»

##### 4.3.2 Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

|        |   |            |                          |                           |                          |      |                          |
|--------|---|------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|------|--------------------------|
| Устная | + | Письменная | <input type="checkbox"/> | Компьютерное тестирование | <input type="checkbox"/> | Иная | <input type="checkbox"/> |
|--------|---|------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|------|--------------------------|

##### 4.3.3 Особенности проведения промежуточной аттестации по дисциплине

- время на подготовку к устному собеседованию составляет 20 минут;
- выполнение практико-ориентированного задания составляет 20 минут.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1 Учебная литература

| Автор  | Заглавие   | Издательство   | Год издания | Ссылка  |
|--|--|--|-------------|---|
| <b>6.1.1 Основная учебная литература</b>   |  |  |             |   |
| Копнина, А. Ю., Смирнов, Б. Ю.   | Биотехнологии очистки сточных вод  | Самара: Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ                                   | 2018        | <a href="http://www.iprbookshop.ru/91757.html">http://www.iprbookshop.ru/91757.html</a>   |
| Алаудинова, Е. В., Миронов, П. В.  | Методологические основы исследований в биотехнологии   | Красноярск: Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева | 2018        | <a href="http://www.iprbookshop.ru/94888.html">http://www.iprbookshop.ru/94888.html</a>   |
| Дворецкий, Д. С., Дворецкий, С. И., Акулинин, Е. И., Голубятников, О. О., Темнов, М. С.              | Системный анализ и оптимизация биотехнологических производств  | Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ                                  | 2019        | <a href="http://www.iprbookshop.ru/99812.html">http://www.iprbookshop.ru/99812.html</a>   |
| Дворецкий, Д. С., Дворецкий, С. И., Акулинин, Е. И., Темнов, М. С.                                   | Методология проектирования биотехнологических производств  | Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ                                  | 2020        | <a href="https://www.iprbooks hop.ru/115721.html">https://www.iprbooks hop.ru/115721.html</a>                                   |
| Дрегуло А. М., Витковская Р. Ф.  | Современные проблемы науки в области защиты окружающей среды. Проблемы ликвидации накопленного вреда окружающей среде    | Санкт-Петербург: СПбГУПТД  | 2022        | <a href="http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2022191">http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2022191</a> |
| Дрегуло А. М.  | Переработка и утилизация отходов. Деятельность по обращению с отходами производства и потребления в Российской Федерации | Санкт-Петербург: СПбГУПТД  | 2022        | <a href="http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2022192">http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2022192</a> |
| <b>6.1.2 Дополнительная учебная литература</b>   |  |  |             |   |
| Будкевич, Е. В., Будкевич, Р. О.   | Основы нанобиотехнологии. Фундаментальные основы нанобиотехнологий   | Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет  | 2016        | <a href="http://www.iprbookshop.ru/66078.html">http://www.iprbookshop.ru/66078.html</a>   |
| Шуваева, Г. П., Свиридова, Т. В., Корнеева, О. С., Мальцева, О. Ю., Мещерякова, О. Л., Мотина, Е. А. | Микробиология с основами биотехнологии (теория и практика)   | Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий                               | 2017        | <a href="http://www.iprbookshop.ru/70810.html">http://www.iprbookshop.ru/70810.html</a>   |
| Дрегуло А. М., Витковская Р. Ф.  | Экологическая биотехнология. Лабораторный практикум  | СПб.: СПбГУПТД   | 2018        | <a href="http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2018214">http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2018214</a> |
| Осовская, И. И., Приходько, А. А   | Применение полимеров в биотехнологии и биоинжиниринге. Морские водоросли. Применение в биотехнологии                     | Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна   | 2020        | <a href="https://www.iprbooks hop.ru/118471.html">https://www.iprbooks hop.ru/118471.html</a>                                   |
| Долгунин, В. Н., Пронин, В. А.   | Биотехнологические процессы и аппараты   | Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ                                  | 2020        | <a href="https://www.iprbooks hop.ru/115710.html">https://www.iprbooks hop.ru/115710.html</a>                                   |

### 5.2 Перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем

1. ЭБС «IPRbooks», <http://www.iprbookshop.ru>
2. ЭБС «СПбГУПТД», <http://publish.sutd.ru>
3. ГУП Водоканал Санкт-Петербурга [www.vodokanal.spb.ru](http://www.vodokanal.spb.ru)

### **5.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения**

Microsoft Office Standart Russian Open No Level Academic

Microsoft Windows Professional Upgrade Академическая лицензия

Microsoft Windows

### **5.4 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

| Аудитория            | Оснащение   |
|----------------------|---|
| Компьютерный класс   | Мультимедийное оборудование, компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду |
| Лекционная аудитория | Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска   |
| Учебная аудитория    | Специализированная мебель, доска  |

### Приложение

к рабочей программе дисциплины «Проблемы экологической биотехнологии»  
по направлению подготовки 1.5.15. Экология

#### 5.2.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

| № п/п                          | Условия типовых задач  | Ответ   |   |  |   |  |                                |       |       |      |      |   |
|--------------------------------|--|---|---|--|---|--|--------------------------------|-------|-------|------|------|---|
| 1                              | <p>Проведена ферментативная обработка волокнистых целлюлозосодержащих медицинских отходов класса А (неинфицированных) следующими ферментными препаратами:</p> <p>B1 221-151 #3-351.2H <i>Penicillium verruculosum</i>; #2310 <i>Trichoderma reesei</i>; препарат B1 F10 H #3-331 <math>\beta</math>-Glu <i>Aspergillus niger</i> штамма <i>Penicillium verruculosum</i>; Ароцелл, содержащим фермент целлюлазу, выделенную из мутантного штамма <i>Trichoderma longibrachiatum</i> TW-420 BKM F-3880D, с активностью не менее 4000 ед/г.</p> <p>Концентрацию глюкозы оценивали на спектрофотометре Philips PU8630 по величине оптической плотности раствора при разбавлении R=100 раз при длине волны 490 нм.</p> <p>Калибровка представлена на рисунке:</p> <p>Для калибровки в программе MS Excel построено линейное аппроксимирующее уравнение, из которого следует, что оптическая плотность фона D490фона = 0,0049. (см. рисунок)</p> <p>Для расчета концентрации глюкозы в исследуемом образце можно использовать формулу:</p> <p>Сглюкозы (г/л) = (D490пробы – D490фона) R / 0,9796</p> <p>Таблица 1 – Экспериментальные данные</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Ферментный препарат</th> <th>B1 221-151 #3-351.2H (<i>Penicillium verruculosum</i>)</th> <th>#2310 целлюлаза (<i>Trichoderma reesei</i>)</th> <th>B1 F10 H #3-331 <math>\beta</math>-Glu <i>Aspergillus niger</i> (<i>Penicillium verruculosum</i>)</th> <th>Ароцелл (<i>Trichoderma longibrachiatum</i> TW-420 BKM F-3880D)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Оптическая плотность D490пробы</td> <td>0,048</td> <td>0,035</td> <td>0,01</td> <td>0,05</td> </tr> </tbody> </table> <p>Сравнить гидролитическую активность данных препаратов по выходу глюкозы из исследуемого отхода, используя глюкозооксидазно-пероксидазный метод (ГОПМ).</p> | Ферментный препарат   | B1 221-151 #3-351.2H ( <i>Penicillium verruculosum</i> )                                  | #2310 целлюлаза ( <i>Trichoderma reesei</i> )                    | B1 F10 H #3-331 $\beta$ -Glu <i>Aspergillus niger</i> ( <i>Penicillium verruculosum</i> ) | Ароцелл ( <i>Trichoderma longibrachiatum</i> TW-420 BKM F-3880D) | Оптическая плотность D490пробы | 0,048 | 0,035 | 0,01 | 0,05 | <p>Расчетные концентрации глюкозы составляют для перечисленных ферментов 4.4, 3.1, 0.5 и 4.6 соответственно. Наиболее высокую активность к биоконверсии данного отхода проявил ферментный препарат Ароцелл мутантного штамма <i>Trichoderma longibrachiatum</i> TW-420 BKM F-3880D.</p> |
| Ферментный препарат            | B1 221-151 #3-351.2H ( <i>Penicillium verruculosum</i> )   | #2310 целлюлаза ( <i>Trichoderma reesei</i> )   | B1 F10 H #3-331 $\beta$ -Glu <i>Aspergillus niger</i> ( <i>Penicillium verruculosum</i> ) | Ароцелл ( <i>Trichoderma longibrachiatum</i> TW-420 BKM F-3880D) |   |  |                                |       |       |      |      |   |
| Оптическая плотность D490пробы | 0,048  | 0,035   | 0,01  | 0,05   |   |  |                                |       |       |      |      |   |
| 2                              | <p>Определите целесообразную последовательность операций в системах очистки сточных вод со стадией биоочистки, приведите примеры выбора аппаратов для различных стадий.</p>  | <p>1) грубая очистка на решетках с малыми прозорами;<br/>2) очистка от крупных взвесей (песколовки);<br/>3) стадия коагуляции + флотации;<br/>4) отстаивание в первичных отстойниках;<br/>5) биоочистка;<br/>6) отстаивание во вторичных отстойниках (радиальных, например);<br/>7) обеззараживание ультрафиолетом;<br/>8) сброс очищенной воды</p> |   |  |   |  |                                |       |       |      |      |   |