

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования "Пермский  
государственный национальный исследовательский  
университет"**

**Кафедра микробиологии и иммунологии**

Авторы-составители: **Максимов Александр Юрьевич**

Рабочая программа дисциплины

**ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ BIOTEХНОЛОГИИ**

Код УМК 85680

Утверждено  
Протокол №6  
от «20» июня 2022 г.

Пермь, 2022

## **1. Наименование дисциплины**

Процессы и аппараты биотехнологии

## **2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина входит в вариативную часть Блока « М.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление подготовки: **06.04.01** Биология  
направленность Биотехнология и генетика

### **3. Планируемые результаты обучения по дисциплине**

В результате освоения дисциплины **Процессы и аппараты биотехнологии** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

**06.04.01** Биология (направленность : Биотехнология и генетика)

**ОПК.5** Способен участвовать в создании и реализации новых технологий в сфере профессиональной деятельности и контроле их экологической безопасности с использованием живых объектов

**Индикаторы**

**ОПК.5.1** Участвует в создании и реализации новых технологий в сфере профессиональной деятельности

#### 4. Объем и содержание дисциплины

<b>Направление подготовки</b>	06.04.01 Биология (направленность: Биотехнология и генетика)
<b>форма обучения</b>	очная
<b>№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины</b>	1
<b>Объем дисциплины (з.е.)</b>	3
<b>Объем дисциплины (ак.час.)</b>	108
<b>Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:</b>	36
<b>Проведение лекционных занятий</b>	24
<b>Проведение практических занятий, семинаров</b>	12
<b>Самостоятельная работа (ак.час.)</b>	72
<b>Формы текущего контроля</b>	Защищаемое контрольное мероприятие (2) Итоговое контрольное мероприятие (1)
<b>Формы промежуточной аттестации</b>	Зачет (1 триместр)

## **5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины**

### **Введение в биотехнологические процессы и аппараты**

Рассматриваются:

Введение в биотехнологические процессы и аппараты

Основные понятия. Основы классификации биотехнологических процессов.

История развития биотехнологических процессов и аппаратов

### **Технологические основы биотехнологических производств. Классификация биотехнологических процессов**

Рассматриваются:

Технологические основы биотехнологических производств

Классификация биотехнологических процессов

Гидро- и аэромеханические процессы и аппараты.

Тепловые процессы и аппараты.

Массообменные процессы и аппараты.

Механические процессы и аппараты

Химические, биохимические, ферментационные процессы и аппараты

Критерии оценки эффективности процессов

### **Субстраты и среды. Приготовление сред и растворов. Методы стерилизации.**

Рассматриваются:

Основные химические и физические методы стерилизации, основы стерильной работы, асептики и антисептики,

Компоненты и процессы приготовления сред и растворов.

Субстраты и среды в биотехнологическом производстве

### **Ферментация. Биохимические реакторы.**

Рассматриваются:

Основы культивирования клеток, основы ферментации.

Основы кинетики ферментационных процессов.

Типы ферментационных процессов

Типы ферментеров по аэрации и подводу газовой фазы, по механизму перемешивания и массообмена,

Гомогенные и гетерогенные процессы.

Иммобилизация клеток и биомолекул.

### **Методы разрушения клеток, биомассы, биогенного сырья и материалов.**

Методы разрушения клеток и биомассы

– Механическое разрушение (размалывание, растирание, механическая гомогенизация),

– Замораживание-оттаивание

– Ферментативный лизис и автолиз

– Ультразвуковая дезинтеграция

– Гидравлические и кавитационные методы. Френч-прессы. Гомогенизаторы высокого давления.

### **Методы разделения и концентрирования. Выделение и очистка продуктов биотехнологических производств.**

Методы разделения.

– Центробежные и гравитационные методы.

Сепарация, центрифугирование, центробежная экстракция.

– Фильтрационные методы

Фильтрация, микро- и ультрафильтрация, диализ, обратный осмос.

– Хроматографические методы. Ад

– Электрофоретические методы и электросепарация.

– Разные физико-химические методы разделения (экстракция, адсорбция, дистилляция и ректификация, флотация, осаждение, флокуляция, коагуляция, аффинное разделение, кристаллизация,).

– Выпаривание, сушка, вакуумная сушка, лиофилизация

### **Получение товарного продукта и хранение. Основы расчёта процессов и аппаратов**

Основы расчёта процессов и аппаратов

Принципы расчёта гидро – и аэромеханических процессов и аппаратов.

Принципы расчёта тепловых процессов и аппаратов.

Принципы расчёта массообменных процессов и аппаратов.

Принципы расчёта механических процессов и аппаратов.

Принципы расчёта химических, биохимических, ферментационных процессов и аппаратов.

### **Технологические линии и комплексы биотехнологических производств.**

Рассматриваются:

Технологические линии производства микробной биомассы, биомассы, ферментов.

Производство первичных метаболитов - продуктов брожения, вторичных метаболитов - антибиотиков,

Иммунобиологические производства.

Технологические линии биокаталитического синтеза.

Установки биологической очистки.

Периферическое оборудование.

## **6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторские занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

## **7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

## 8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

### Основная:

1. Луканин, А. В. Инженерная биотехнология: основы технологии микробиологических производств : учебное пособие / А. В. Луканин. — Москва : ИНФРА-М, 2020. — 304 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-011479-8. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система Znanium : [сайт]. <https://elis.psu.ru/node/619662>
2. Луканин, А. В. Инженерная биотехнология: процессы и аппараты микробиологических производств : учебное пособие / А. В. Луканин. — Москва : ИНФРА-М, 2020. - 451 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-011480-4. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система Znanium : [сайт]. <https://elis.psu.ru/node/619663>
3. Долгунин, В. Н. Биотехнологические процессы и аппараты : учебное пособие / В. Н. Долгунин, В. А. Пронин. — Тамбов : Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2020. — 80 с. — ISBN 978-5-8265-2291-2. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <https://www.iprbookshop.ru/115710>

### Дополнительная:

1. Каракеян, В. И. Процессы и аппараты защиты окружающей среды в 2 ч. Часть 1. : учебник и практикум для вузов / В. И. Каракеян, В. Б. Кольцов, О. В. Кондратьева ; под общей редакцией В. И. Каракеяна. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 277 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-06055-3. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. <https://www.urait.ru/bcode/470343>
2. Каракеян, В. И. Процессы и аппараты защиты окружающей среды в 2 ч. Часть 2. : учебник и практикум для вузов / В. Б. Кольцов, О. В. Кондратьева ; под общей редакцией В. И. Каракеяна. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 311 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-06056-0. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. <https://www.urait.ru/bcode/470344>
3. Гужель, Ю. А. Процессы и аппараты химической технологии. Ч. 1. Гидромеханические процессы и аппараты : учебное пособие для СПО / Ю. А. Гужель. — Саратов : Профобразование, 2021. — 95 с. — ISBN 978-5-4488-1146-3 (ч. 1), 978-5-4488-1167-8. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <https://www.iprbookshop.ru/105152>
4. Гужель, Ю. А. Процессы и аппараты химической технологии. Ч. 3. Массообменные процессы и аппараты : учебное пособие для СПО / Ю. А. Гужель. — Саратов : Профобразование, 2021. — 144 с. — ISBN 978-5-4488-1148-7 (ч. 3), 978-5-4488-1167-8. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <https://www.iprbookshop.ru/105154>
5. Гужель, Ю. А. Процессы и аппараты химической технологии. Ч. 2. Тепловые процессы и аппараты : учебное пособие для СПО / Ю. А. Гужель. — Саратов : Профобразование, 2021. — 64 с. — ISBN 978-5-4488-1147-0 (ч. 2), 978-5-4488-1167-8. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <https://www.iprbookshop.ru/105153>



## **9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины**

При освоении дисциплины использование ресурсов сети Интернет не предусмотрено.

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

Образовательный процесс по дисциплине **Процессы и аппараты биотехнологии** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем: презентационные материалы (слайды по темам лекционных и практических занятий); доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС) доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

При освоении материала и выполнения заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ (**student.psu.ru**).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).

система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.

система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

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

### 1. Лекционные занятия

Аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, и маркерной доской.

### 2. Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)

Аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, и маркерной доской.

### 3. Групповые (индивидуальные) консультации

Аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской;

### 4. Текущий контроль

Аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской;

### 5. Самостоятельная работа

Аудитория для самостоятельной работы, оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.

Помещения Научной библиотеки ПГНИУ

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине  
Процессы и аппараты биотехнологии**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции.  
Индикаторы и критерии их оценивания**

**ОПК.5**

**Способен участвовать в создании и реализации новых технологий в сфере профессиональной деятельности и контроле их экологической безопасности с использованием живых объектов**

<b>Индикатор</b>	<b>Планируемые результаты обучения</b>	<b>Критерии оценивания результатов обучения</b>
<p><b>ОПК.5.1</b> Участвует в создании и реализации новых технологий в сфере профессиональной деятельности</p>	<p>Демонстрирует знания современного технологического оборудования биотехнологических производств. Знает основы культивирования микроорганизмов и клеток многоклеточных организмов, основные процессы ферментации, их классификацию и особенности, классификацию биохимических реакторов, их устройство и схемы подключения, принципы эксплуатации. Владеть методами разрушения клеток, биомассы, биогенного сырья и материалов, методы разделения и концентрирования, выделения и очистки продуктов биотехнологических производств.</p>	<p align="center"><b>Неудовлетворител</b></p> <p>Не знает современное технологическое оборудование биотехнологических производств. не знает основы культивирования микроорганизмов и клеток многоклеточных организмов, основные процессы ферментации, их классификацию и особенности, классификацию биохимических реакторов, их устройство и схемы подключения, принципы эксплуатации. Не владеет методами разрушения клеток, биомассы, биогенного сырья и материалов, методами разделения и концентрирования, выделения и очистки продуктов биотехнологических производств.</p> <p align="center"><b>Удовлетворительн</b></p> <p>Частично знает современное технологическое оборудование биотехнологических производств. частично знает основы культивирования микроорганизмов и клеток многоклеточных организмов, основные процессы ферментации, их классификацию и особенности, классификацию биохимических реакторов, их устройство и схемы подключения, принципы эксплуатации. Не владеет методами разрушения клеток, биомассы, биогенного сырья и материалов, методами разделения и концентрирования, выделения и очистки продуктов биотехнологических производств.</p> <p align="center"><b>Хорошо</b></p>

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;"><b>Хорошо</b></p> <p>Знает современное технологическое оборудование биотехнологических производств.  знает основы культивирования микроорганизмов и клеток многоклеточных организмов, основные процессы ферментации, их классификацию и особенности, классификацию биохимических реакторов, их устройство и схемы подключения, принципы эксплуатации.  Частично владеет методами разрушения клеток, биомассы, биогенного сырья и материалов, методами разделения и концентрирования, выделения и очистки продуктов биотехнологических производств.</p> <p style="text-align: center;"><b>Отлично</b></p> <p>Знает современное технологическое оборудование биотехнологических производств.  знает основы культивирования микроорганизмов и клеток многоклеточных организмов, основные процессы ферментации, их классификацию и особенности, классификацию биохимических реакторов, их устройство и схемы подключения, принципы эксплуатации.  Владеет методами разрушения клеток, биомассы, биогенного сырья и материалов, методами разделения и концентрирования, выделения и очистки продуктов биотехнологических производств.</p>

## Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : магистратура 2023

**Вид мероприятия промежуточной аттестации :** Зачет

**Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации :** Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

**Максимальное количество баллов :** 100

### Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 46 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 46 балла

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<b>ОПК.5.1</b> Участвует в создании и реализации новых технологий в сфере профессиональной деятельности	Ферментация. Биохимические реакторы. <b>Защищаемое контрольное мероприятие</b>	Представление об основных биотехнологических процессах и аппаратах, Знание технологических основ биотехнологических производств и классификации биотехнологических процессов по физическим и физико-химическим принципам, а также по назначению, Представление о приготовлении сред и растворов, методах стерилизации растворов, сред, материалов, элементов оборудования.
<b>ОПК.5.1</b> Участвует в создании и реализации новых технологий в сфере профессиональной деятельности	Получение товарного продукта и хранение. Основы расчёта процессов и аппаратов <b>Защищаемое контрольное мероприятие</b>	Знания современного технологического оборудования биотехнологических производств. Знания основ культивирования микроорганизмов и клеток многоклеточных организмов, основных процессов ферментации, их классификации и особенностей, биохимических реакторов, их устройства и схемы подключения, принципов эксплуатации. Знание методов разрушения клеток, биомассы, биогенного сырья и материалов, методы разделения и концентрирования, выделения и очистки продуктов биотехнологических производств.

<b>Компетенция (индикатор)</b>	<b>Мероприятие текущего контроля</b>	<b>Контролируемые элементы результатов обучения</b>
<b>ОПК.5.1</b> Участвует в создании и реализации новых технологий в сфере профессиональной деятельности	Технологические линии и комплексы биотехнологических производств. <b>Итоговое контрольное мероприятие</b>	Знание основных процессов и аппаратов в биотехнологической промышленности. Понимание принципов расчёта процессов и аппаратов. Знание принципов создания технологических линий и комплексов биотехнологических производств.

### **Спецификация мероприятий текущего контроля**

#### **Ферментация. Биохимические реакторы.**

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **14**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
Имеет представление об основных биотехнологических процессах и аппаратах,	10
Имеет представление о приготовлении сред и растворов, методах стерилизации растворов, сред, материалов, элементов оборудования.	10
Знает технологические основы биотехнологических производств и классификацию биотехнологических процессов по физическим и физико-химическим принципам, а также по назначению,	10

#### **Получение товарного продукта и хранение. Основы расчёта процессов и аппаратов**

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **14**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
Демонстрирует знания современного технологического оборудования биотехнологических производств.	10
Знает методы разрушения клеток, биомассы, биогенного сырья и материалов, методы разделения и концентрирования, выделения и очистки продуктов биотехнологических производств.	10
Знает основы культивирования микроорганизмов и клеток многоклеточных организмов, основные процессы ферментации, их классификацию и особенности, классификацию биохимических реакторов, их устройство и схемы подключения, принципы эксплуатации.	10

#### **Технологические линии и комплексы биотехнологических производств.**

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **18**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
Знает основы приготовления сред и растворов, методы и аппараты для стерилизации. Знает основы ферментации. Знает классификацию биохимических реакторов. Знает методы и аппараты для разрушения клеток, биомассы, биогенного сырья и материалов.	12
Знает и умеет выбирать для решения практических задач методы разделения и концентрирования. Знает методы и оборудование для выделения и очистки продуктов биотехнологических производств.	12
Знает основные виды и способы получения товарных биотехнологических продуктов, способы и оборудования для их хранения. Знает принципы расчёта процессов и аппаратов. Знает принципы проектирования технологических линий и комплексов биотехнологических производств.	8
Знает основы биотехнологических процессов и аппаратов, технологические основы биотехнологических производств, классификацию биотехнологических процессов	8