

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

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

**Кафедра микробиологии и иммунологии**

Авторы-составители: **Максимова Юлия Геннадьевна**

Рабочая программа дисциплины  
**МИКРООРГАНИЗМЫ-ЭКСТРЕМОФИЛЫ**  
Код УМК 99489

Утверждено  
Протокол №5  
от «13» мая 2022 г.

Пермь, 2022

## **1. Наименование дисциплины**

Микроорганизмы-экстремофилы

## **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 **Микроорганизмы-экстремофилы** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

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

**ПК.1** Способен осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствии с направленностью (профилем) программы магистратуры выполнять эксперименты и оформлять результаты исследований и разработок

#### **Индикаторы**

**ПК.1.2** применяет существующие методики и знания в области биологических наук в локальном исследовании

#### 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 (1) Итоговое контрольное мероприятие (1) Письменное контрольное мероприятие (3)
<b>Формы промежуточной аттестации</b>	Экзамен (1 триместр)

## 5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

### **Микроорганизмы-экстремофилы**

В дисциплине рассматриваются экологические и физиологические аспекты существования экстремофильных микроорганизмов, их филогенетическое положение, распространение, биохимические и физиологические особенности, механизмы адаптации к экстремальным условиям существования, биотехнологическое применение. Более подробно рассматривается домен археи и группа фототрофных прокариотных организмов - цианобактерий. Курс «Микроорганизмы-экстремофилы» дает представление о микроорганизмах из экологических ниш с экстремальными условиями существования на молекулярном, клеточном и популяционном уровне.

### **Введение. Классификация экстремофилов. Физиологические основы адаптации микроорганизмов к экстремальным условиям существования.**

Введение. Отличие экстремофилов от экстремотолерантных организмов. Экстремофилия в трех доменах живых организмов. Классификация экстремофилов в зависимости от экстремального фактора окружающей среды. Термофилы, гипертермофилы, психрофилы, ацидофилы, алкалофилы, пьезофилы, ксерофилы, галофилы, осмофилы, олиготрофы, полиэкстремофилы. Металлотолерантные и радиорезистентные микроорганизмы.

Физиологические основы адаптации микроорганизмов к экстремальным условиям существования. Типы стрессов и уровни адаптивных реакций у микроорганизмов. Оперон, промотор, регулон. Строение гена прокариот, строение промотора прокариот. ДНК-зависимая РНК-полимераза. Специфичность взаимодействия РНК-полимеразы с промоторами. Сигма-факторы РНК-полимеразы. Механизмы общего стрессорного ответа.

Экстремофилия в эволюции живого. Последний универсальный общий предок. Палеомикробиология.

### **Микроорганизмы биотопов с экстремальными значениями температур: термофилы и психрофилы.**

Микроорганизмы биотопов с экстремальными значениями температур: термофилы и психрофилы. Микробное разнообразие термофилов и гипертермофилов (микроорганизмы горячих источников и гидротермальных вент). Типы питания термофилов. Гидрогенотенная карбоксидотрофия. Адаптация термофилов к высокой температуре на уровне цитоплазматической мембраны, белков, ДНК и состава цитоплазмы. Белки теплового шока. Экологические ниши психрофилов. Физиолого-биохимические и молекулярные аспекты психрофилии. Холодовой шок. Антифризные белки и криопротекторы.

### **Микроорганизмы биотопов с экстремальными значениями pH: ацидофилы и алкалофилы.**

Микроорганизмы биотопов с экстремальными значениями pH: ацидофилы и алкалофилы. Экология ацидофилов, источники ацидофильных микроорганизмов. Механизмы адаптации к кислым средам. Механизмы молекулярной адаптации кислотоустойчивых ферментов. Физиология микроорганизмов, восстанавливающих серу, ферменты, вовлеченные в восстановление серы. Биопленки ацидофильных микроорганизмов, окисляющих серу и металлы. Возможности применения ацидофилов и их ферментов. Биоразнообразие и среды обитания алкалофилов. Адаптация микроорганизмов к высоким pH окружающей среды. Антипорт натрия и протонов у алкалофилов. Биотехнологический потенциал алкалофилов. Трансмембранный потенциал и энергетика клетки. Протондвижущая сила и ее особенности у алкалофилов и ацидофилов. Поддержание pH-гомеостаза цитоплазмы.

### **Микроорганизмы, устойчивые к неблагоприятным геохимическим факторам среды (высокой минерализации, обезвоживанию, давлению, радиации).**

Микроорганизмы, устойчивые к неблагоприятным факторам среды (высокой минерализации, обезвоживанию, давлению, радиации). Распространение галофильных микроорганизмов. Таксономия галофильных бактерий и архей. Осмотический стресс и осмоадаптация. Две стратегии адаптации

прокариотов к гиперосмотическому шоку. Осмопротекторы. Возможности использования внутриклеточных осмопротекторов галофилов в фармацевтической промышленности. Адаптация к обезвоживанию. Экологические ниши ксеротолерантных сообществ. Влияние обезвоживания на физиологию и биохимию прокариотов. Адаптивные механизмы ксеротолерантных прокариотов. "Поведенческие" адаптации к обезвоживанию. Пьезофилы и их физиологические особенности. Общие механизмы, лежащие в основе реакций живых организмов на повышенное давление. Адаптация пьезофилов. Регулируемая давлением экспрессия генов. Воздействие ультрафиолета. Окислительный стресс, активные формы кислорода, Системы защиты микроорганизмов от окислительного стресса. Механизмы радиорезистентности. Адаптация прокариотов к ионизирующему излучению, рекордсмены радиорезистентности. Удаление радионуклидов из окружающей среды с помощью микроорганизмов.

### **Археи. Цианобактерии.**

Домен Археи. Общая характеристика архей. Макромолекулярная организация клеток архей. Особенности архейных мембран. Особенности клеточной стенки архей. Генетика архей. Особенности синтеза белка у архей. Структура и функции архейных шаперонов. Энергетический метаболизм архей. Метаногены. Практическое использование метаногенов. Кренархеоты. Эвриархеоты. Наноархеи. Некультивируемые археи. Различные взгляды на филогению архей. Появление эукариотической клетки в процессе эволюции. Гипотезы метаболического симбиоза. Обновленная синтрофная гипотеза возникновения эукариотов. Экстремофилия архей.

Цианобактерии. строение клетки цианобактерий. Метаболизм цианобактерий. Клеточная дифференциация цианобактерий. Молекулярные методы изучения цианобактерий. Мембранная организация цианобактерий. Механизмы устойчивости цианобактерий к ультрафиолету. Адаптационные механизмы цианобактерий по отношению к повышенной температуре, высоким концентрациям солей и металлов. Экстремофилия и экстремотолерантность цианобактерий. Перспективы использования цианобактерий как источников энергии. Цианобактерии как источник биологически активных соединений. Классификация цианобактерий на основании морфологических признаков.

### **Металлотолерантность и токсикотолерантность микроорганизмов.**

Бактериостатическое и бактерицидное действие токсичных для прокариотов соединений. Роль металлов в жизнедеятельности микроорганизмов. Концентрационная зависимость действия металлов на клетку. Причины токсичного действия металлов. Общие механизмы резистентности микроорганизмов к металлам. Специфические механизмы, обеспечивающие резистентность к ртути, мышьяку, меди, серебру. Адаптация бактерий к токсичному действию органических соединений, в том числе антибиотиков. Горизонтальный перенос генов устойчивости к антибиотикам. Системы множественной резистентности к токсичным соединениям. Транспортёры. Биопленки - "поведенческая" стратегия бактерий, обеспечивающая устойчивость к металлам и антибиотикам. Биотехнологическое значение металлотолерантных микроорганизмов. Методы удаления тяжелых металлов с помощью микроорганизмов.

### **Биотехнологическое применение микроорганизмов-экстремофилов**

Во второй части курса "Микроорганизмы-экстремофилы" рассматривается биотехнологический потенциал микроорганизмов, обитающих в экстремальных экотопах. Рассматривается их применение в биокатализе, для получения биотоплива и полезных в народном хозяйстве соединений.

### **Экстремофильные микроорганизмы в биотехнологии. Экстремолиты и экстремозимы.**

Использование экстремофильных микроорганизмов в биотехнологиях. Экстремолиты и экстремозимы. Два подхода к получению экстремозимов. Биокатализ на основе экстремозимов. Получение и

применение экстремолитов. Биотехнологическое применение ферментов термофилов. Перспективы применения термофилов в медицине и нанотехнологии. Биокатализ и биотрансформация ферментами психрофилов. Биотехнологическое применение ацидофилов: получение кислотоустойчивых ферментов, очистка сточных вод, получение металлов. Сульфидогенные биореакторы. Выщелачивание металлов. Биотехнологическое применение алкалофилов, ферменты алкалофилов. Биотехнологическое применение галофилов. Галофилы в пищевых технологиях. Бактериородопсин. Биополимеры экстремофилов. Биотехнологическое применение радиорезистентных и металлорезистентных микроорганизмов.

#### **Экстремофильные микроорганизмы в производстве энергии и биотоплива.**

Экстремофильные микроорганизмы в производстве энергии и биотоплива. Генерация электроэнергии ацидофильными микроорганизмами. Ферменты экстремофилов для получения биотоплива. Получение биоэтанола, биобутанола, биоводорода и биодизеля. Метаногенез, биофотолиз.

#### **Экстремофильные микроорганизмы в процессах биокатализа, биодеградациии и получения полезных в народном хозяйстве соединений.**

Экстремофильные микроорганизмы в процессах биокатализа, биотрансформации и получения полезных в народном хозяйстве соединений. Микроорганизмы для экстракции и восстановления металлов. Расщепление высокополимерных субстратов ферментами экстремофилов. Гидролиз крахмала экстремофилами. Термостабильные ферменты. Методы иммобилизации ферментов экстремофилов и их применение в биокатализе. Перспективы использования термостабильных иммобилизованных ферментов. Полигидроксиалканоаты экстремофилов. Получение молочной кислоты. Гидролиз целлюлозы, гемицеллюлозы и лигнина экстремофилами. Ферменты архей и их применение в промышленном биокатализе. Возможности использования экстремофилов в биоремедиации.

#### **Получение продуцентов экстремофильных ферментов и омикс-технологии в изучении экстремофилов.**

Методы генетического конструирования продуцентов. Метагеномика. Технологии секвенирования ДНК. Секвенирование геномов единичных клеток. Транскриптомика. Протеомика.

#### **Биогеохимические циклы и участие экстремофилов в циклах важнейших биогенных элементов.**

Глобальные биохимические циклы. Цикл углерода. Метаногенез и метанотрофия. Цикл азота. Нитрификация, денитрификация, анаммокс-процесс, азотфиксация. Участие экстремофилов в цикле азота. Цикл фосфора. Поглощение фосфора микроорганизмами. Цикл серы. Участие микроорганизмов в круговороте серы. Экстремофилы в цикле серы.

## **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. Ткаченко, К. В. Микробиология : учебное пособие / К. В. Ткаченко. — 2-е изд. — Саратов : Научная книга, 2019. — 159 с. — ISBN 978-5-9758-1750-1. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/80990>
2. Емцев, В. Т. Микробиология : учебник для академического бакалавриата / В. Т. Емцев, Е. Н. Мишустин. — 8-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 428 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-06081-2. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. <https://www.urait.ru/bcode/431970>
3. Нетрусов А. И. Введение в биотехнологию:учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению "Биология" и смежным направлениям/А. И. Нетрусов.-Москва:Издательский центр Академия,2014, ISBN 978-5-4468-0345-3.-288.-Библиогр.: с. 277

### Дополнительная:

1. Пиневиц А. В.Микробиология. Биология прокариотов.учебник: в 3 т. Т. 3/А. В. Пиневиц ; Санкт-Петербург. гос. ун-т.-Санкт-Петербург:Санкт-Петербургский государственный университет,2009, ISBN 978-5-288-04894-4.-4551
2. Лыков, И. Н. Микроорганизмы. Биология и экология / И. Н. Лыков, Г. А. Шестакова. — Калуга : Издатель Захаров С.И. («СерНа»), 2014. — 400 с. — ISBN 978-5-905849-24-4. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/32840>

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

<https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-13521-2> Biotechnology of Extremophiles: Advances and Challenges Editors (view affiliations) Pabulo H Rampelotto

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

Образовательный процесс по дисциплине **Микроорганизмы-экстремофилы** 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.

Перечень необходимого лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения:

- 1) офисный пакет приложений (текстовый процессор, программа для подготовки электронных презентаций);
- 2) программа демонстрации видеоматериалов (проигрыватель);
- 3) приложение, позволяющее просматривать и воспроизводить медиаконтент PDF-файлов.

Дисциплина не предусматривает использование специализированного программного обеспечения

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

Для проведения лекционных занятий необходима учебная аудитория, оснащенная специализированной мебелью, демонстрационным оборудованием (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения практических занятий необходима учебная аудитория, оснащенная специализированной мебелью, демонстрационным оборудованием (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для самостоятельной работы необходимы помещения Научной библиотеки ПГНИУ. Помещения Научной библиотеки ПГНИУ, обеспечивают доступ к локальной и глобальной сетям.

Для проведения мероприятий текущего контроля и промежуточной аттестации, групповых и индивидуальных консультаций необходима учебная аудитория, оснащенная специализированной мебелью, демонстрационным оборудованием (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской

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  
Микроорганизмы-экстремофилы**

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

**ПК.1**

**Способен осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствии с направленностью (профилем) программы магистратуры выполнять эксперименты и оформлять результаты исследований и разработок**

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p><b>ПК.1.2</b> применяет существующие методики и знания в области биологических наук в локальном исследовании</p>	<p>Знать физиологию, адаптивные реакции, экологические ниши и биотехнологическое применение микроорганизмов-экстремофилов. Уметь применять полученные знания в экспериментальной деятельности. Владеть терминологией, касающейся дисциплины микроорганизмы-экстремофилы.</p>	<p align="center"><b>Неудовлетворител</b> Отсутствие знаний. Не знает основ дисциплины. Отсутствие умений. Отсутствие навыков.</p> <p align="center"><b>Удовлетворительн</b> Наличие общих, неструктурированных знаний об основных научных достижениях в области раздела микробиологии, изучающей микроорганизмов-экстремофилов. Частично сформированы умения критически анализировать современные положения и новые идеи в микробиологии, давать им методологическую и прикладную оценку, выделять главное, ставить цели и определять пути их достижения в процессе профессиональной деятельности. Фрагментарное применение методов теоретического анализа научных положений раздела микробиологии, изучающей</p> <p align="center"><b>Хорошо</b> В целом сформированные, системно организованные знания о современных научных достижениях в области раздела микробиологии, изучающей микроорганизмов-экстремофилов, однако содержащие отдельные пробелы. Отсутствие грубых ошибок в понимании материала. В целом успешные, с незначительными недостатками, умения критически анализировать современные положения и новые идеи в микробиологии, давать им методологическую и прикладную оценку, выделять главное, ставить цели и определять пути их достижения в процессе профессиональной деятельности. В целом</p>

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;"><b>Хорошо</b></p> <p>успешное, с отдельными несущественными недостатками, применение методов теоретического анализа научных положений раздела микробиологии, изучающей микроорганизмов-экстремофилов.</p> <p style="text-align: center;"><b>Отлично</b></p> <p>Вполне сформированные, системно организованные знания о современных научных достижениях в области раздела микробиологии, изучающей микроорганизмов-экстремофилов. Успешно и систематически применяемые умения критически анализировать современные положения и новые идеи в микробиологии, давать им методологическую и прикладную оценку, выделять главное. Успешное применение методов теоретического анализа научных положений раздела микробиологии, изучающей микроорганизмов-экстремофилов.</p>

## Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : Базовая

**Вид мероприятия промежуточной аттестации :** Экзамен

**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 47 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 47 балла

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<b>ПК.1.2</b> применяет существующие методики и знания в области биологических наук в локальном исследовании	Микроорганизмы биотопов с экстремальными значениями pH: ацидофилы и алкалофилы. <b>Письменное контрольное мероприятие</b>	Знать основные группы экстремофильных микроорганизмов, классифицированные в соответствии с воздействующими факторами окружающей среды (повышенная и пониженная температура, повышенная концентрация солей в среде, крайние значения pH, повышенное давление и радиация). Знать филогенетические группы и наиболее характерных представителей прокариотов этих мест обитания, физиологические основы адаптации микроорганизмов к экстремальным условиям обитания.
<b>ПК.1.2</b> применяет существующие методики и знания в области биологических наук в локальном исследовании	Металлоторантность и токсикоторантность микроорганизмов. <b>Письменное контрольное мероприятие</b>	Знать классификацию, распространение, физиологические и биохимические особенности архей и цианобактерий. Знать механизмы устойчивости к высокой минерализации, обезвоживанию, давлению, радиации, тяжелым металлам, токсичным органическим веществам.

<b>Компетенция (индикатор)</b>	<b>Мероприятие текущего контроля</b>	<b>Контролируемые элементы результатов обучения</b>
<b>ПК.1.2</b> применяет существующие методики и знания в области биологических наук в локальном исследовании	Экстремофильные микроорганизмы в производстве энергии и биотоплива. <b>Письменное контрольное мероприятие</b>	Знать основные принципы и конкретные примеры биотехнологического применения экстремофилов и их продуктов (экстремолитов и экстремозимов). Знать ферменты экстремофилов для получения биотоплива. Знать основы процессов получения биоэтанола, биобутанола, биоводорода и биодизеля.
<b>ПК.1.2</b> применяет существующие методики и знания в области биологических наук в локальном исследовании	Получение продуцентов экстремофильных ферментов и омикс-технологии в изучении экстремофилов. <b>Защищаемое контрольное мероприятие</b>	Уметь анализировать научную литературу по тематике дисциплины, представить устный доклад на выбранную тему с презентацией, ответить на заданные вопросы по теме доклада.
<b>ПК.1.2</b> применяет существующие методики и знания в области биологических наук в локальном исследовании	Биогеохимические циклы и участие экстремофилов в циклах важнейших биогенных элементов. <b>Итоговое контрольное мероприятие</b>	Знать основные группы экстремофильных микроорганизмов, распространение, физиологические и биохимические особенности, физиологические основы адаптации микроорганизмов к экстремальным условиям обитания. Знать основные принципы и конкретные примеры биотехнологического применения экстремофилов и их продуктов. Иметь представление о промышленном применении экстремозимов и экстремолитов.

### Спецификация мероприятий текущего контроля

#### **Микроорганизмы биотопов с экстремальными значениями pH: ацидофилы и алкалофилы.**

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

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

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **15**

Проходной балл: **7**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
94-100% правильных ответов при тестировании	5
73-93% правильных ответов при тестировании	4
47-72% правильных ответов при тестировании	3
0-40% правильных ответов при тестировании	2

### **Металлотолерантность и токсикотолерантность микроорганизмов.**

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

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

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **15**

Проходной балл: **7**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
94-100% правильных ответов при тестировании	5
73-93% правильных ответов при тестировании	4
47-72% правильных ответов при тестировании	3
0-40% правильных ответов при тестировании	2

### **Экстремофильные микроорганизмы в производстве энергии и биотоплива.**

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

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

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **15**

Проходной балл: **7**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
94-100% правильных ответов при тестировании	5
73-93% правильных ответов при тестировании	4
47-72% правильных ответов при тестировании	3
0-40% правильных ответов при тестировании	2

### **Получение продуцентов экстремофильных ферментов и омикс-технологии в изучении экстремофилов.**

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

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

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **25**

Проходной балл: **12**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
Доклад полностью раскрывает заданную тему. При подготовке доклада использована отечественная и иностранная научная литература (статьи в научных журналах, книги), не менее 3-х источников. Презентация наглядна, логично выстроена, отражает тему доклада. Ответы на вопросы четкие, студент демонстрирует теоретические знания, полученные на лекции.	5
Доклад полностью раскрывает заданную тему. Используются по крайней мере интернет-источники со ссылкой на них (не менее 3-х). Презентация наглядна, отражает тему доклада. Студент отвечает на вопросы, не вполне демонстрирует теоретические знания предмета.	4
Тема доклада не полностью раскрыта. Использовано менее 3-х источников, главным образом интернет-источники. Презентация не вполне отражает тему доклада. Ответы на вопросы отсутствуют, или не демонстрируют теоретические знания предмета.	3



Доклад и презентация отсутствуют.	2
-----------------------------------	---

**Биогеохимические циклы и участие экстремофилов в циклах важнейших биогенных элементов.**

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>
Вполне сформированные, системно организованные знания о современных научных достижениях в области микробиологии экстремальных мест обитания и биотехнологического применения микроорганизмов-экстремофилов. Успешно и систематически применяемые умения критически анализировать современные положения и новые идеи в науке, способность давать им методологическую и прикладную оценку, выделять главное.	5
В целом сформированные, системно организованные знания о современных научных достижениях в области микробиологии экстремальных мест обитания и биотехнологического применения микроорганизмов-экстремофилов, однако содержащие отдельные пробелы. Отсутствие грубых ошибок в понимании материала. В целом успешные, с незначительными недостатками, умения критически анализировать современные положения и новые идеи в науке, давать им методологическую и прикладную оценку.	4
Наличие общих, неструктурированных знаний об основных научных достижениях в области микробиологии экстремальных мест обитания и биотехнологического применения микроорганизмов-экстремофилов. Частично сформированы умения критически анализировать современные положения и новые идеи в науке, давать им методологическую и прикладную оценку, выделять главное. Фрагментарное применение методов теоретического анализа научных положений.	3
Отсутствие знаний. Не знает основ дисциплины. Отсутствие умений. Отсутствие навыков.	2