Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
факультет Почвоведения

УТВЕРЖДАЮ

и.о. декана П.В.Красильников /_____ /

«___» _____20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины:

Микробиология экстремальных местообитаний

Уровень высшего образования:

Магистратура

Направление подготовки (специальность):

06.04.02 Почвоведение

Направленность (профиль) ОПОП:

Биология почв

Форма обучения: очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией факультета почвоведения (протокол №_____, дата _____)

Москва 2021

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки 06.04.02 «Почвоведение» программы магистратуры.

ОС МГУ утвержден решением Ученого совета МГУ имени М.В. Ломоносова от *28 декабря 2020 года (протокол № 7).*

1. **Место дисциплины в структуре ОПОП:**
Вариативной части, дисциплина по выбору

2. **Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия:**
Общепрофессиональные и общенаучные дисциплины базовой части программы бакалавра и магистратуры по специальности «Почвоведение», в том числе – «Коллоидная химия», «Физическая химия», «Основы почвоведения», «Биология почв», а также «Строение, развитие и систематика бактерий», «Строение, развитие и систематика грибов», «Биохимия почвенных микроорганизмов», «Практикум по систематике и идентификации бактерий», «Физиология почвенных микроорганизмов», «Молекулярные методы в почвоведении».

3. **Планируемые результаты обучения в результате освоения дисциплины, соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников:**

Компетенции выпускников (коды)	**Индикаторы (показатели) достижения компетенций**	**Планируемые результаты обучения по дисциплине, сопряженные с компетенциями**
М-СПК-1. Способен применять на практике фундаментальные и прикладные аспекты почвенной микробиологии и зоологии, понимает современные насущные задачи и проблемы в данных областях	**СПК-1.2** Глубоко понимает современные насущные проблемы почвенной микробиологии и зоологии и применяет их при решении профессиональных задач	Знать современные представления о таксономическом разнообразии и экологической роли экстремофильных и экстремотолерантных микроорганизмов в биосфере их реакции на глобальные процессы изменения климата и загрязнения объектов окружающей среды
М-СПК-2. Способен применять на практике знания о строении, составе и функционировании живой клетки, метаболизме и механизмах его регуляции; может использовать в профессиональной деятельности знания базовых основ генетики организмов	**СПК-2.2** Использует в профессиональной деятельности знания базовых основ генетики организмов	Знать основные методические подходы к обнаружению, оценке метаболического состояния *in situ* и идентификации экстремофильных и экстремотолерантных микроорганизмов
М-СПК-4. Способен использовать в профессиональной деятельности знания о роли микроорганизмов в	**СПК-4.1** Использует в профессиональной деятельности знания о роли микроорганизмов в глобальных биогеохимических циклах элементов в биосфере	Знать основные физиолого-биохимические механизмы поддержания гомеостаза микробной клеткой, экологическую роль в биосфере и подходы к

глобальных биогеохимических циклах элементов в биосфере, а также значении почвенных организмов в почвообразовании и формировании плодородия почв		селективному выделению экстремофильных и экстремотолератных микроорганизмов
	СПК-4.2. Имеет четкое представление о значении почвенных организмов в почвообразовании и формировании плодородия почв, использует эти знания при решении практических задач	Знать основные междисциплинарные и прикладные аспекты изучения экстремофилов: поиск и оценка возможности существования микроорганизмов во внеземном пространстве, биотехнологическое использование экстремофильных микроорганизмов
М-СПК-5. Способен проводить самостоятельные экспериментальные исследования в области почвенной микробиологии: анализировать научную литературу, формулировать актуальные цели и задачи; ориентируется в современных методах почвенной микробиологии и биохимии; несет ответственность за качество работ и достоверность полученных результатов	**СПК-5.1** Проводит самостоятельные экспериментальные исследования в области почвенной микробиологии: анализирует научную литературу, формулирует актуальные цели и задачи; ориентируется в современных методах почвенной микробиологии и биохимии; несет ответственность за качество работ и достоверность полученных результатов	Уметь работать с библиографическими базами данных и планировать эксперименты по селективному выделению экстремотолерантных микроорганизмов

4. **Объем дисциплины** *2* з.е.**,** в том числе *36* академических часов на контактную работу обучающихся с преподавателем, *36* академических часов на самостоятельную работу обучающихся.

5. **Формат обучения** - *очный*

6. **Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам, с указанием отведенного на них количества академических часов, и виды учебных занятий**:

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины / форма текущей аттестации	**Всего (часы)**	В том числе							
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем)					**Самостоятельная работа обучающегося**		
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (семинары)	Занятия семинарского типа (лабораторные)	Занятия семинарского типа (практические)	**Всего**	Работа с научной и учебной литературой	Подготовка докладов и сообщений	**Всего**
Раздел 1. Введение	**16**	**4**	**4**			**8**	**4**	**4**	**8**
Тема 1.1. Введение. Основные понятия и классификация	8	2	2			4	2	2	4
Тема 1.2. Механизмы поддержания гомеостаза у микроорганизмов в экстремальных условиях окружающей среды. Методы исследования	8	2	2			4	2	2	4
Раздел 2. Многообразие экстремофильных и экстремотолерантных микроорганизмов	**40**	**10**	**10**			**20**	**10**	**10**	**20**
Тема 2.1. Термофильные и психрофильные микроорганизмы	8	2	2			4	2	2	4

Тема 2.2. Ацидофильные и алкалофильные микроорганизмы	8	2	2			4	2	2	4
Тема 2.3. Галофильные, ксерофильные и радиорезистентные микроорганизмы	8	2	2			4	2	2	4
Тема 2.4. Микроорганизмы, устойчивые к повышенному давлению, тяжелым металлам и антибиотикам	8	2	2			4	2	2	4
Тема 2.5. Полиэкстремофильные микроорганизмы	8	2	2			4	2	2	4
Раздел 3. Научные и практические аспекты изучения экстремофильных и экстремотолерантных микроорганизмов	**12**	**4**	**4**			**8**	**2**	**2**	**4**
Тема 3.1. Междисциплинарные научные направления исследования экстремофильных микроорганизмов	6	2	2			4	1	1	2
Тема 3.2. Биотехнологические и прикладные аспекты изучения экстремофильных микроорганизмов	6	2	2			4	1	1	2
Форма текущей аттестации по разделу –	*Дискуссии в рамках занятий семинарского типа, подготовка и представление докладов*								

Промежуточная аттестация	*Зачет*	4
Итого:	72	

Подробное содержание разделов и тем дисциплины:

Раздел 1. Введение

Тема 1. Введение. Основные понятия и классификация

Понятия о нормальных и экстремальных условиях обитания. Экстремофилия и экстремотолерантность микроорганизмов. Понятия экстремофилии и экстремотолерантности микроорганизмов. История обнаружения и изучения экстремофильных микроорганизмов. Современные экологические классификации микроорганизмов по отношению к условиям окружающей среды.

Тема 2. Механизмы поддержания гомеостаза у микроорганизмов в экстремальных условиях

Физиологические и биохимические механизмы поддержания гомеостаза в экстремальных условиях окружающей среды: физиолого-биохимические адаптации к экстремальным значениям температуры и реакции среды (pH). Механизмы поддержания гомеостаза микроорганизмов в условиях осмотического шока. Биологические эффекты низкой доступности влаги, высокого уровня излучения (ультрафиолетовое излучение и ионизирующая радиация). Методы исследования экстремофильных микроорганизмов: селективное выделение, методы качественного и количественного обнаружения *in situ*.

Раздел 2. Многообразие экстремофильных и экстремотолерантных микроорганизмов

Тема 1. Термофильные и психрофильные микроорганизмы

Термофильные и психрофильные прокариоты. Распространение в природе, микробные сообщества атмосферы, пещер, водоемов, ледников и снежных покровов, арктических и антарктических почв и осадочных пород, болот, термальных источников, вулканических почв и почв жарких пустынь, антропогенно-преобразованных низко- и высокотемпературных местообитаний. Таксономическое разнообразие, классификация и экологическая роль термофильных и психрофильных микроорганизмов.

Тема 2. Ацидофильные и алкалофильные прокариоты

Ацидофильные и алкалофильные прокариоты. Распространение в природе, микробные сообщества кислотных и щелочных озер и почв, терриконов, дренажных вод, месторождений серы и железных руд, сульфатаров, загрязненных территорий. Таксономическое разнообразие, классификация и экологическая роль ацидофильных и алкалофильных прокариот.

Тема 3. Галофильные, ксерофильные и радиорезистентные микроорганизмы

Галофильные, ксерофильные и радиорезистентные микроорганизмы. Физиолого-биохимическая связь между осмотическим, матричным и низкотемпературным стрессами. Окислительный стресс, и способы его преодоления микробной клеткой. Распространение в природе, микробные сообщества засоленных почв и озер, аридных почв, пищевых продуктов. Таксономическое разнообразие, классификация, распространение, экологическая роль.

Тема 4. Микроорганизмы, устойчивые к повышенному давлению, тяжелым металлам и антибиотикам

Барофильные и баротолерантные микроорганизмы: таксономическое разнообразие, классификация, микробные сообщества глубоководных экосистем и антропогенно-преобразованных местообитаний, характеризующихся повышенным давлением, экологическая роль. Биологические эффекты тяжелых металлов и веществ антибиотиков. Основные клеточные мишени и физиолого-биохимические механизмы устойчивости.

Тема 5. Полиэкстремофильные микроорганизмы

Таксономическое разнообразие термо-ацидофильных и термо-алкалофильных микроорганизмов, физиологическая связь между устойчивостью к различным видам стресса и их преодоление микробной клеткой, распространение полиэкстремофильных микроорганизмов в природе и их экологическая роль.

Раздел 3. Научные и практические аспекты изучения экстремофильных и экстремотолерантных микроорганизмов

Тема 1. Междисциплинарные научные направления исследования экстремофильных микроорганизмов

Значение экстремофильных и экстремотолерантных микроорганизмов в междисциплинарных научных исследованиях: бактериальная палеонтология, изучение эволюции биосферы, экзобиология, биогеохимия.

Тема 2. Биотехнологические и прикладные аспекты изучения микроорганизмов экстремофилов

Применение экстремофильных и экстремотолерантных микроорганизмов в биотехнологии: ремедиация загрязненных территорий, биосинтез кислот, биополимеров, ферментных препаратов. Генетическая модификация экстремофильных микроорганизмов для целей биотехнологического производства.

7. **Фонд оценочных средств для оценивания результатов обучения по дисциплине**:

7.1. **Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля:**

Вопросы для самостоятельной проработки, выносимые в качестве дискуссионных на занятия:

Раздел 1. Тема 1: Современные экологические классификации микроорганизмов. Понятия об «экстремальных» и «нормальных» условиях окружающей среды.

Раздел 1. Тема 2: Основные физиолого-биохимические пути поддержания гомеостаза у микроорганизмов. Природные источники ультрафиолетового излучения и ионизирующей радиации.

Раздел 2. Тема 1: Биотехнологическое применение термофильных и психрофильных микроорганизмов.

Раздел 2. Тема 2: Биотехнологическое применение ацидофильных и алкалофильных микроорганизмов.

Раздел 2. Тема 3: Биотехнологическое применение галофильных, ксерофильных и радиорезистентных микроорганизмов. Окислительный стресс у микроорганизмов и пути его преодоления.

Раздел 2. Тема 4: Биотехнологическое применение барофильных и устойчивых к тяжелым металлам микроорганизмов. Горизонтальный перенос генов и явление антибиотикоустойчивости микроорганизмов.

Раздел 2. Тема 5: Биотехнологическое применение полиэкстремофильных микроорганизмов.

Раздел 3. Тема 1: Современные достижения бактериальной палеонтологии и астробиологии.

Раздел 3. Тема 2: Трансгенез и генетическая модификация промышленно-значимых микроорганизмов.

Вопросы для проведения текущей аттестации:

1. Что понимается под нормальными и экстремальными условиями обитания микроорганизмов?
2. Чем отличаются экстремофилия от экстремотолерантности?
3. Чем характеризуются термофильные микроорганизмы?
4. Чем характеризуются нейтрофильные микроорганизмы?
5. Чем характеризуются осмотолерантные микроорганизмы?
6. Дайте определение понятию гомеостаз.
7. С помощью каких методов возможно количественное обнаружение экстремотолерантных микроорганизмов *in situ*?
8. Перечислите основные регионы распространения психрофильных и психротолерантных микроорганизмов.
9. Перечислите физиолого-биохимические механизмы адаптации к температуре окружающей среды.
10. Перечислите основные области распространения ацидофильных микроорганизмов.
11. Какова экологическая роль ацидофильных и алкалофильных прокариот.
12. Дайте определение понятию «ксеротолерантные микроорганизмы».
13. В чем заключается физиолого-биохимическая связь между осмотическими и матричным стрессами?

14. Перечислите основные области распространения барофильных и баротолерантных микроорганизмов.
15. Перечислите основные клеточные мишени антибиотиков и тяжелых металлов.
16. В чем заключается физиологическая связь между устойчивостью к различным видам стресса?
17. Каково значение экстремофильных и экстремотолерантных микроорганизмов в бактериальной палеонтологии?
18. Каково значение экстремофильных и экстремотолерантных микроорганизмов в экзобиологии?
19. В каких биотехнологических процессах применяются экстремофильные микроорганизмы?

7.2. **Типовые контрольные вопросы, задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации:**

1. Понятия экстремофилии и экстремотолерантности микроорганизмов.
2. История обнаружения и изучения экстремофильных микроорганизмов.
3. Современные экологические классификации микроорганизмов по отношению к условиям окружающей среды.
4. Физиолого-биохимические адаптации к экстремальным значениям температуры окружающей среды.
5. Физиолого-биохимические адаптации к экстремальным значениям реакции среды (pH).
6. Механизмы поддержания гомеостаза микроорганизмов в условиях осмотического шока.
7. Воздействие низкой доступности влаги на микробные клетки.
8. Биологические эффекты высокого уровня излучения (ультрафиолетовое излучение и ионизирующая радиация).
9. Методы исследования экстремофильных микроорганизмов.
10. Термофильные и психрофильные прокариоты: распространение в природе и таксономическое разнообразие.
11. Экологическая роль термофильных и психрофильных микроорганизмов.
12. Ацидофильные и алкалофильные прокариоты: распространение в природе и таксономическое разнообразие.
13. Экологическая роль ацидофильных и алкалофильных микроорганизмов.
14. Физиолого-биохимическая связь между осмотическим, матричным и низкотемпературным стрессами.
15. Окислительный стресс, и способы его преодоления микробной клеткой.
16. Барофильные и баротолерантные микроорганизмы: таксономическое разнообразие.
17. Биологические эффекты тяжелых металлов и веществ-антибиотиков. Основные клеточные мишени и физиолого-биохимические механизмы устойчивости.
18. Таксономическое разнообразие термо-ацидофильных и термо-алкалофильных микроорганизмов.
19. Физиологическая связь между устойчивостью к различным видам стресса и их преодоление микробной клеткой.
20. Значение экстремофильных и экстремотолерантных микроорганизмов в междисциплинарных научных исследованиях.

21. Применение экстремофильных и экстремотолерантных микроорганизмов для целей ремедиации загрязненных территорий.
22. Применение экстремофильных и экстремотолерантных микроорганизмов для целей биосинтеза кислот и биополимеров.
23. Применение экстремофильных и экстремотолерантных микроорганизмов для целей получения ферментных препаратов.
24. Генетическая модификация экстремофильных микроорганизмов.

8. **Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине:**

В таблице представлена шкала оценивания результатов обучения по дисциплине. Уровень знаний обучающегося оценивается на "отлично", "хорошо", "удовлетворительно", "неудовлетворительно".

Оценка "отлично" выставляется, если обучающийся демонстрирует сформированные систематические знания, умения и навыки их практического использования. Оценка "хорошо" ставится, если при демонстрации знаний, умений и навыков студент допускает отдельные неточности (пробелы, ошибочные действия) непринципиального характера. При несистематических знаниях, демонстрации отдельных (но принципиально значимых навыков) и затруднениях в демонстрации других навыков выставляется оценка «удовлетворительно». Оценка "неудовлетворительно" ставится, если знания и умения фрагментарны, а навыки отсутствуют.

ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ результатов обучения (РО) по дисциплине				
Оценка РО и соответствующие виды оценочных средств	**2**	**3**	**4**	**5**
Знания *(виды оценочных средств: выступления с докладами и участие в дискуссиях)*	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
Умения *(виды оценочных средств: участие в дискуссиях, подготовка и представление докладов)*	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности непринципиального характера)	Успешное и систематическое умение
Навыки (владения, опыт деятельности) *(виды оценочных средств: подготовка и*	Отсутствие навыков (владений, опыта)	Наличие отдельных навыков (наличие фрагментарного опыта)	В целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме	Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач

представление докладов)				

9. **Ресурсное обеспечение:**

- Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература:

1. *Amils R., Ellis-Evans C., Hinghofer-Szalkay H.* Life in extreme environments. Dordrecht: Springer. 2007.
2. *Seckbach J., Oren A., Stan-Lotter H.* (ed.). Polyextremophiles: life under multiple forms of stress. Springer Science & Business Media. 2013. V. 27.
3. *Stan-Lotter H., Fendrihan S.* Adaption of microbial life to environmental extremes //Springer. 2012. V. 10. DOI:10.1007/978-3-319-48327-6
4. *Jin M., Gai Y., Guo X., Hou Y., Zeng R.* Properties and applications of extremozymes from deep-sea extremophilic microorganisms: A mini review // Marine drugs. 2019. V. 17. №. 12. p. 656. DOI:10.3390/md17120656
5. *Jorquera M. A., Graether S. P., Maruyama F.* Bioprospecting and biotechnology of extremophiles // Frontiers in Bioengineering and Biotechnology. 2019. V. 7. P. 204. DOI:10.3389/fbioe.2019.00204
6. Экология микроорганизмов: учеб. для бакалавров / Нетрусов А.И. [и др.]; под общ. ред. А. И. Нетрусова. М.: Юрайт, 2019.
7. Жизнь микробов в экстремальных условиях / [Д. Кашнер и др.]; под ред. Д. Кашнера; пер. под ред. Л. В. Калакуцкого и Е. Н. Кондратьевой. М.: Мир, 1981.

Дополнительная литература:

1. *Merino N., Aronson H.S., Bojanova D.P., Feyhl-Buska J., Wong M.L., Zhang S., Giovannelli D.* Living at the extremes: extremophiles and the limits of life in a planetary context // Frontiers in microbiology. 2019. V. 10. P. 780. DOI:10.3389/fmicb.2019.00780
2. *Pikuta E. V., Hoover R. B., Tang J.* Microbial extremophiles at the limits of life // Critical reviews in microbiology. 2007. V. 33. № 3. P. 183-209. DOI:10.1080/10408410701451948
3. Extremophiles handbook (Eds. Horikoshi K. et al.). Springer Science & Business Media, 2010.

- Перечень лицензионного программного обеспечения
- Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем
- Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости)

  Научный журнал «Extremophiles» (URL: https://www.springer.com/journal/792)

  Научный журнал «Astrobiology» (URL: https://home.liebertpub.com/publications/astrobiology/99)
- Описание материально-технической базы

1. Помещения: аудитория, рассчитанная на стандартную группу учащихся (10-15 человек) с выходом в Интернет для самостоятельной работы.

2. Оборудование: мультимедийный проектор, компьютер, экран для учебной аудитории.

10. **Язык преподавания:**
Русский
11. **Преподаватели:**
Белов Андрей Антонович
младший научный сотрудник кафедры биологии почв
кандидат биологических наук (МГУ имени М.В. Ломоносова МГУ.03.13, 2021)
Без звания
Чепцов Владимир Сергеевич
младший научный сотрудник кафедры биологии почв
кандидат биологических наук (МГУ имени М.В. Ломоносова МГУ.03.13, 2019)
Без звания

12. **Разработчики программы:**
Белов Андрей Антонович
младший научный сотрудник кафедры биологии почв
кандидат биологических наук (МГУ имени М.В. Ломоносова МГУ.03.13, 2021)
Без звания
Чепцов Владимир Сергеевич
младший научный сотрудник кафедры биологии почв
кандидат биологических наук (МГУ имени М.В. Ломоносова МГУ.03.13, 2019)
Без звания

13. **Краткая аннотация дисциплины:**
Курс знакомит слушателей с комплексными фундаментальными представлениями о таксономическом разнообразии и экологии экстремофильных и экстремотолерантных микроорганизмов, современных методах их изучения, роли в биосферных процессах, а также их междисциплинарном и биотехнологическом потенциале. В ходе освоения курса у студентов формируются фундаментальные представления об экстремофильных и экстремотолерантных микроорганизмах как особой не таксономической группе живых организмов и их участии в функционировании экосистем, дается характеристика основных групп экстремофильных и экстремотолерантных микроорганизмов и с механизмов их выживания в экстремальных условиях окружающей среды, а также обсуждается роль экстремофильных и экстремотолерантных микроорганизмов в междисциплинарных научных исследованиях и их биотехнологических разработках.