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:

Экология бактерий

Уровень высшего образования:

Бакалавриат

Направление подготовки (специальность):

05.03.06 «Экология и природопользование»

Направленность (профиль) ОПОП:

Управление земельными ресурсами и биологический контроль окружающей среды

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 05.03.06 «Экология и природопользование» программы бакалавриата

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, профессиональная дисциплина

2. **Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия:** для успешного освоения дисциплины необходимо освоение общенаучных дисциплин базовой части учебного плана бакалавра — «Биология», «Ботаника», «Зоология», «Общая экология», «Почвоведение».

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**
Б-СПК-4. Способен применять в профессиональной деятельности знания о взаимосвязи абиотических и биотических компонентов экосистем, пределах толерантности организмов и популяций, экологической нише как обобщенном выражении экологической индивидуальности вида.	**СПК-4.2.** Применяет на практике знания о пределах толерантности организмов и популяций	Знать пределы жизнеспособности бактерий в отношении различных стрессовых факторов и физиологические механизмы их обуславливающие. Владеть современной классификацией бактерий по отношению к различным факторам среды.
Б-СПК-5 Способен использовать в профессиональной деятельности теорию и навыки микробиологической работы, умеет анализировать научную литературу	**СПК-5.1.** Применяет на практике знания об особенностях химического состава, строении клеток прокариотных и эукариотных микроорганизмов	Знать основные биоорганические соединения прокариотных клеток, особенности их строения и применение в целях обнаружения, диагностики и идентификации.
	СПК-5.2. Анализирует научную литературу	Владеть навыками работы с научной литературой: подбора материала по теме, обобщения результатов экспериментальных исследований, подготовки литературного обзора.
Б-СПК-6. Способен применять в профессиональной	**СПК-6.2.** Использует в профессиональной деятельности знания о роли основных групп	Знать распространение в различных природных средах и вклад в экосистемные и

деятельности знания о физиологических особенностях основных групп почвенных организмов и их роли в биосферных процессах.	почвенных организмов в биосферных процессах	биосферные процессы представителей основных филогенетических групп бактерий

4. **Объем дисциплины** *3 з.е.***,** в том числе *60* академических часов на контактную работу обучающихся с преподавателем, *48* 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**
Тема 1. История экологии бактерий как науки и места в общей экологии	8	4				4	2	2	4
Тема 2. Современные методы изучения бактерий	10	6				6	2	2	4
Тема 3. Морфология и цитология бактерий	10	6				6	2	2	4
Тема 4. Экофизиология бактерий	16	8				8	4	4	8
Тема 5. Систематика и таксономия бактерий	18	10				10	4	4	8
Тема 6. Основные филумы бактерий в природных средах (педосфера,	16	10				10	4	2	6

гидросфкра, атмосфера, подземная биосфера)									
Тема 7. Некоторые прикладные аспекты экологии бактерий	14	10				10	2	2	4
Тема 8. Бактерии и человек. Санитарно-показательные микроорганизмы.	10	6				6	2	2	4
Форма текущей аттестации по разделу –	*Подготовка и представление докладов и рефератов, коллоквиумы, тесты.*								
Промежуточная аттестация	*зачет*						6		
Итого:	72								

Подробное содержание разделов и тем дисциплины:

Тема 1. История экологии бактерий как науки и места в общей экологии

Краткий исторический очерк становления экологии бактерий как науки. Роль Л. Пастера в развитии бактериологии. Основные этапы развития экологии бактерий. Актуальные проблемы экологии бактерий. Значение работ С.Н. Виноградского и других отечественных и зарубежных ученых для экологии бактерий, общей экологии и почвенной микробиологии. Роль экологии бактерий в развитии общей экологии как науки - теоретические и практические аспекты.

Тема 2. Современные методы изучения бактерий

Способы визуализации бактерий. Светооптическая, фазово-контрастная, просвечивающая и сканирующая электронная микроскопия. Изучение морфологических, фенотипических, и физиолого-биохимических признаков бактерий. Методы выделения бактерий из почвы и. Определение численности бактерий в почве. Молекулярно-биологические методы изучения бактерий (анализ метагенома, FISH, баркодинг гена 16SрРНК, ПЦР-реал-тайм, анализ функциональных генов).

Тема 3. Морфология и цитология бактерий

Морфологическое разнообразие бактерий: типы колоний, форма и размеры клеток, типы жгутикования. Особенности строения бактериальной клетки. Типы строения клеточной стенки: грамотрицательные и грамположительные бактерии, микоплазмы, археи. Морфологическое разнообразие бактерий: типы колоний, форма и размеры клеток, тип жгутикования. Клеточные стенки и поверхностные слои (S-слои), их состав и значение. Капсула, матрикс. Движение у бактерий. Жгутики, состав и строение. Аксиальные нити спирохет. Скользящее движение. Фимбрии половые и адгезионные.

Внутриклеточные структуры бактерий. Обязательные и необязательные компоненты клетки. Мембранный аппарат бактерий: плазматическая мембрана, внутриклеточные мембраны у фотосинтетиков и хемосинтетиков, пурпурные мембраны архебактерий. Внешняя мембрана грамотрицательных бактерий. Периплазматическая зона. Цитоплазма, цитозоль. Включения: полифосфаты, гликоген, гранулеза, полигидроксибутират, белковые кристаллы, сера. Карбоксисомы, магнитосомы, фикоциановые гранулы. Газовые вакуоли и газовые баллоны. Нуклеоид. Бактериальная хромосома: кольцевая и линейная. Плазмиды. Рибосомы и полирибосома.

Перестройки клетки в цикле развития и под влиянием факторов внешней среды. Сферопласты, протопласты, L-формы. Покоящиеся формы (эндоспоры, экзоспоры, цисты). Рефрактерные клетки. Бактерии в почве. Некультивируемые, латентные, анабиотические формы. Способы размножения бактерий. Деление, почкование. Половой процесс у бактерий. Типы обособления клеток после деления. Примеры жизненных циклов представителей основных таксономических групп почвенных бактерий. Экология бактериальной клетки.

Тема 4. Экофизиология бактерий

Автотрофы и гетеротрофы. Олиготрофы, копиотрофы, гидролитики. Диссипотрофы. Эккрисотрофы. Сапротрофы, паразиты, хищники. Симбиоз. Метабиоз у бактерий. Использование различных источников углерода и азота. Рост на одноуглеродных соединениях. Способность к азотфиксации. Прототрофы и ауксотрофы. Потребности в витаминах. Способность к синтезу физиологически активных веществ.

Отношение бактерий к факторам внешней среды. Отношение к свободному кислороду. Токсичность кислорода. Аэробы и анаэробы. Анаэробная техника по Хангейту. Действие температуры на бактерии. Кардинальные точки роста. Экстремофилы. Психрофилы, термофилы, мезофилы. Термоустойчивость клеток и спор. Отношение бактерий к влажности и содержанию солей. Осмофилия и галофилия. Галофилы облигатные и факультативные. Действие света и радиации. Фотореактивация. Чувствительность к антибиотикам. Бактериоцины.

Кинетика роста бактерий. Общие представления о кинетике роста бактерий в чистых культурах и почве. Уравнение роста и его основные параметры. Фазы роста бактерий на питательных средах: лаг-фаза, фаза логарифмического роста, стационарная фаза, фаза отмирания. Двухфазный рост. Трофофаза и идиофаза. Непрерывное и проточное культивирование. Турбидостат и хемостат. Почвенный перкалятор как модельная система.

Тема 5. Систематика и таксономия бактерий

Современное состояние систематики бактерий и архей. Современные представления о разнообразии бактерий в природе. Место бактерий в системе царств живой природы. Происхождение и эволюция бактерий. Филогенетическое древо бактерий. Бактерии и археи. Основные филогенетические группы бактерий: *Acidobacteria, Actinobacteria, Aquificae, Armatimonadetes, Bacteroidetes, Caldiserica, Chlorobi, Chloroflexi, Chrisiogenetes, Chrisiogenetes, Deferribacteres, Deinococcus-Thermus, Dictioglomi, Elusimicrobia, Fibrobacteres, Fusobacteria, Gemmatimonadetes, Lentisphaerae, Nitrospirae, Planctomycetes, Proteobacteria, Spirochaetes, Synergistetes, Tenericutes, Thermodesulfobacteria, Thermomicrobia, Thermotogae, Verrucomicrobia*.

Основные филогенетические группы архей: *Crenarchaeota, Euryarchaeota, Nanoarchaeota, Korarchaeota, Thaumarchaeota, Aigarchaeota, Lokiarchaeota, Thorarchaeota*. Основные представители. Суперфилумы. Филумы-кандидаты.

Практические аспекты систематики бактерий. Таксономические признаки бактерий и их оценка. Дифференциация таксонов разного уровня. Набор таксономических признаков для стандартного описания видов. Современные определители. Идентификация бактерий. Молекулярно-биологические и фенотипические признаки бактерий. Проблемы, связанные с идентификаций бактерий до вида. Определители бактерий. Ключи для определения отдельных таксонов бактерий по фенотипическим признакам.

Тема 6. Основные филумы бактерий в природных средах (педосфера, гидросфера, атмосфера, «подземная» биосфера)

Филумы бактерий и архей, наиболее широко представленные в природных средах (по данным культуральных и молекулярно-биологических методов).

Общая характеристика филумов бактерий (*Proteobacteria, Firmicutes, Actinobacteria, Bacteroidetes, Gemmatimonadetes, Acidobacteria, Verrucomicrobia, Chloroflexi, Planctomycetes*) и архей (*Euryarchaeota, Thaumarchaeota*). Сравнение данных о филумах бактерий, доминирующих в почвах и сопряженных средах, полученных классическими и молекулярно-биологическими методами (метагеномики).

Филумы *Firmicutes* (классы *Bacilli* и *Clostridii*). Филум *Actinobacteria* (класс *Actinobacteria*, подклассы *Acidimicrobidae*, *Actinobacteridae*, *Coriobacteridae*, *Nitrilruptoridae*, *Rubrobacteridae*). Филум *Tenericutes* (класс *Mollicutes*). Основные представители, встречающиеся в почвах. Морфология, особенности циклов развития, роль в биогеоценозах. Среды для выделения.

Протеобактерии. Основные классы филума *Proreobacteria* (альфа-протеобактерии, бета-протеобактерии, гамма-протеобактерии, дельта-протеобактерии, эпсилон-протеобактерии). Характеристика представителей основных классов протеобактерий. Основные представители, встречающиеся в почвах. Морфология, особенности циклов развития, роль в биогеоценозах. Среды для выделения.

Скользящие бактерии. Основные филумы скользящих бактерий: *Bacteroidetes, Chloroflexi, Deltaproteobacteria*. Характеристика представителей основных классов скользящих бактерий. Основные представители, встречающиеся в почвах. Морфология, особенности циклов развития, роль в биогеоценозах. Среды для выделения.

Археи. История открытия, происхождение и эволюция. Основные филумы архей: *Crenarchaeota, Euryarchaeota, Nanoarchaeota, Korarchaeota, Thaumarchaeota, Aigarchaeota, Lokiarchaeota, Thorarchaeota*. Культивируемые и некультивируемые филумы архей. Филумы-кандидаты. Характеристика основных представителей архей. Морфология, особенности циклов развития, роль в биогеоценозах. Среды для выделения. Таксономические особенности разнообразия микробных сообществ педосферы, атмосферы, гидросферы, подземной биосферы.

Тема 7. Некоторые аспекты экологии бактерий

Бактерии в наземных экосистемах. Эколого-географические аспекты распространения бактерий в почвах. Понятие о вертикальном континууме бактериальных сообществ. Микролокусное и микрозональное распределение бактерий в почвах. Ризосфера и ризоплана. Микоризосфера. Гифосфера. Филлоплана. Дриллосфера. Экологические стратегии почвенных бактерий. Биопленки. Кворум-сенсинг. Особенности распределения бактерий в гидросфере, атмосфере и подземной биосфере. Микробная петля в гидросфере.

Взаимодействие бактерий с другими организмами (растения, почвенные животные, млекопитающие, человек). Примеры разных типов взаимодействий между бактериями и другими микро- и макро- организмами. Участие в трофических цепях и формировании бактериальных сообществ. Бактериальные сукцессии в почве и ризоплане. Бактерии в нарушенных и ненарушенных экосистемах. Бактерии в городских экосистемах.

Роль бактерий в круговоротах биофильных элементов. Биосферные функции бактерий. Роль бактерий в становлении биосферы планеты. Деструкция и трансформация органических веществ почвенными бактериями. Роль бактерий в деструкции минералов и пород, в подзолообразовании, глееобразовании, деструкции и синтезе гумусовых веществ. Роль бактерий в питании растений, образование физиологически активных веществ. Роль бактерий в процессах трансформации азота.

Тема 8. Бактерии и человек. Санитарно-показательные микроорганизмы.

Бактерии и человек. Полезная (положительная) для человека деятельность прокариот. Пищевые производства и производство антибиотиков. Микробные удобрения. Вредная (отрицательная) для человека деятельность прокариот. Патогенные и потенциально патогенные бактерии. Микробное загрязнение природной среды. Самоочищение природных сред. Контроль состояния природной среды. Санитарно-показательные бактерии.

Биоремедиация загрязненных почв и грунтов. Деградация ксенобиотиков. Борьба с нефтяными загрязнениями. Роль бактерий в очистка сточных вод. Аэротенки. Метантенки. Бактериальные сообщества очистных сооружений.

Компостирование. Твердофазная анаэробная ферментация.

Использование бактерий в биотехнологии. Бактериальная гидрометаллургия. Увеличение отдачи нефти. Бактериальные препараты для борьбы с нефтяными загрязнениями.

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

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

1. Современные проблемы экологии и систематики бактерий.
2. Современные молекулярно-биологические методы определения биоразнообразия прокариот в природных средах. Метагеномика.
3. Новые, недавно описанные филумы бактерий.
4. Новые, недавно описанные филумы архей.
5. Некультивируемое жизнеспособное состояние бактерий.
6. Филумы-кандидаты.
7. Роль бактерий и архей в фиксации и круговороте азота.
8. Роль бактерий в почвенных процессах.
9. Бактерии экстремальных местообитаний.
10. Бактериальные препараты в земледелии.
11. Место бактерий в современной системе живого мира.
12. Роль бактерий в эволюции биосферы планеты.
13. Экология бактериальной клетки.
14. Филум *Acidobacteria*. Основные представители. Распространение и функции в природной среде.
15. Филум *Armatimonadetes*. Основные представители. Распространение и функции в природной среде.
16. Филум *Gemmatimonadetes*. Основные представители. Распространение и функции в природной среде.
17. Филум *Planctomycetes*. Основные представители. Распространение и функции в природной среде.
18. Филум *Verrucomicrobia*. Основные представители. Распространение и функции в природной среде.
19. Филум *Thaumarchaeota*. Основные представители. Распространение и функции в природной среде.
20. Филумы *Aigarchaeota* и *Lokiarchaeota*. Основные представители. Распространение и функции в природной среде.
21. Бактерии в процессах трансформации азота.
22. Сукцессии бактерий в почве.
23. Биопленки, «город микробов», межклеточные коммуникации у бактерий.
24. Физиологически активные вещества бактерий и их роль в природе и применение в практике биологического земледелия.

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

1. Прокариоты – важная составляющая живого мира. Бактерии и археи.

2. Происхождение и эволюция бактерий.
3. Строение прокариотной клетки. Черты сходства и различия прокариот и эукариот.
4. Строение клетки грамположительных и грамотрицательных бактерий.
5. Строение клеточной стенки грамположительных и грамотрицательных бактерий.
6. Покоящиеся структуры прокариот (эндоспоры, экзоспоры, цисты, рефрактерные клетки, НЖС).
7. Экология бактериальной клетки
8. Способы размножения бактерий. Обособление после деления.
9. Способы питания бактерий (матрица Львова).
10. Отношение бактерий к факторам внешней среды.
11. Отношение бактерий к влажности.
12. Отношение бактерий к температуре.
13. Действие света и радиации на бактерии.
14. Действие давления на бактерии.
15. Отношение бактерий к содержанию солей в среде. Основные группы.
16. Рост бактерий в периодической культуре. Кривая роста.
17. Турбидостат, хемостат, почвенный перкалятор.
18. Современное состояние систематики бактерий. Основные филумы бактерий. Суперфилумы бактерий и архей. Филумы-кандидаты.
19. Основные филумы архей. Филумы-кандидаты.
20. Филумы бактерий и архей, наиболее часто встречающиеся в природных средах.
21. Филум *Proteobacteria*, распространение и функции в природе.
22. Филум *Firmicutes*, распространение и функции в природе.
23. Филум *Actinobacteria*, распространение и функции в природе
24. Скользящие бактерии, основные филумы, распространение и функции в природе.
25. Археи, история открытия, основные филумы, распространение и функции в природе.
26. Вертикально-ярусная организация бактериальных сообществ наземных экосистем.
27. Особенности бактериальных сообществ гидросферы, атмосферы, подземной биосферы.
28. Микролокусное и микрозональное распределение бактерий в почве (ризосфера, ризоплана, филлоплана, микоризосфера, дриллосфера). Биопленки. Кворум-сенсинг.
29. Взаимодействия бактерий с другими организмами (растения, животные, грибы, почвенные беспозвоночные).
30. Эколого-географические аспекты распространения бактерий в почвах.
31. Поведение популяций прокариот в природе. Экологические стратегии.
32. Антропогенные факторы, влияющие на распространение бактерий в почвах. Бактериальные сообщества городских почв.
33. Бактерии и человек. Полезная и вредная для человека деятельность бактерий. Санитарно-показательные бактерии.
34. Бактерии как объекты биотехнологии и агенты биоремедиации загрязненных природных сред.

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: устные и письменные опросы и, тесты участие в дискуссиях)*	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
Умения *(виды оценочных средств: подготовка и представление докладов и рефератов на заданную тему)*	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 представление докладов и рефератов на заданную тему)*	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

9. **Ресурсное обеспечение:**

- Перечень основной и дополнительной учебной литературы

  Основная литература:

1. *Ленгелер Й., Древс Г. В., Шлегель Г. (ред.).* Современная микробиология: Прокариоты: В 2-х томах: Пер. с англ. М.: Мир. 2005.
2. *Нетрусов А.И., Котова И.Б.* Микробиология. М.: Академия. 2006

Дополнительная литература:

1. *Заварзин Г.А.* Лекции по природоведческой микробиологии. М.: «Наука». 2006
2. *А.И. Нетрусов (ред.).* Экология микроорганизмов. М.: Академия. 2004
3. *Звягинцев Д.Г., Бабьева И.П., Зенова Г.М.* Биология почв. М.: «Изд-во МГУ». 2005
4. *Заварзин. Г.А., Колотилова Н.Н.* Введение в природоведческую микробиологию. М.: Книжный дом "Университет". 2001
5. *Белов А. А., Чепцов В. С., Лысак Л. В.* Методы идентификации почвенных микроорганизмов. Москва: МАКС Пресс. 2020.
6. *Кондратьева Е.Н.* Автотрофные прокариоты. М.: Изд-во МГУ. 1996

- Перечень лицензионного программного обеспечения
- Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем
  1. BacDive | The Bacterial Diversity Metadatabase (URL: https://bacdive.dsmz.de/)
- Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»
  1. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology (URL: https://www.microbiologyresearch.org)
  2. Bergey's Manual® of Systematic Bacteriology (URL: https://www.springer.com/series/4157)
- Описание материально-технической базы
  1. 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:**

Лысак Людмила Вячеславовна
Профессор кафедры биологии почв
Доктор биологических наук (МГУ имени М.В. Ломоносова Д 501.002.13, 2011 г.)
Доцент по кафедре биологии почв (МГУ имени М.В. Ломоносова, 2006 г.)
Белов Андрей Антонович
Младший научный сотрудник кафедры биологии почв
кандидат биологических наук (МГУ имени М.В. Ломоносова МГУ.03.13, 2021 г.)
без звания

12. **Разработчики программы:**

Лысак Людмила Вячеславовна
Профессор кафедры биологии почв
Доктор биологических наук (МГУ имени М.В. Ломоносова Д 501.002.13, 2011 г.)
Доцент по кафедре биологии почв (МГУ имени М.В. Ломоносова, 2006 г.)
Белов Андрей Антонович
Младший научный сотрудник кафедры биологии почв
кандидат биологических наук (МГУ имени М.В. Ломоносова МГУ.03.13, 2021 г.)

без звания

13. **Краткая аннотация дисциплины:**

Теоретический курс знакомит студентов с разнообразием бактерий, структурно-функциональной организацией прокариотных сообществ, методами исследования и таксономического анализа прокариот. В ходе курса студенты изучают современные подходы к систематике и таксономии бактерий, современные системы классификации, основные таксоны почвенных бактерий. Курс формирует представление о распространении и функциях бактерий в биосфере, роли в почвенных процесса.