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

Зоомикробные взаимодействия в почве и сопряжённых местообитаниях

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

На обратной стороне титула:

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, по выбору
2. **Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия:** для освоения дисциплины необходимо освоение дисциплин бакалавриата «Биохимии почвенных микроорганизмов», «Физиологии почвенных микроорганизмов», «Строения, развития и систематики грибов» «Почвоведение», «Биология почв», «Экология», а также «Морфология и таксономия почвенных животных».

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	М-СПК-1.1. Применяет на практике фундаментальные и прикладные аспекты почвенной микробиологии и зоологии	Знать историю изучения зоомикробных взаимодействий в почве, область их применения в различных сферах деятельности, использовать эти знания при решении насущных практических задач
	М-СПК-1.2. Глубоко понимает современные насущные проблемы почвенной микробиологии и зоологии и применяет их при решении профессиональных задач	Понимать современные проблемы экологии, почвенной микробиологии и зоологии, использовать имеющиеся знания о зоомикробных взаимодействиях при решении различных профессиональных задач
М-СПК-3. Способен применять на практике знание биологической систематики организмов, особенностей онтогенеза отдельных групп почвенных организмов и условий устойчивого существования и жизнеспособности почвенных микробных популяций	СПК-3.1. Применяет на практике знание биологической систематики организмов, особенностей онтогенеза отдельных групп почвенных организмов и условий устойчивого существования и жизнеспособности почвенных микробных популяций	Знать основные механизмы взаимодействия, особенности онтогенеза различных групп почвенных животных, подходы и принципы трофической классификации почвенных животных, использовать эти знания при решении различных практических задач

М-СПК-4. Способен использовать в профессиональной деятельности знания о роли микроорганизмов в глобальных биогеохимических циклах элементов в биосфере, а также значении почвенных организмов в почвообразовании и формировании плодородия почв	СПК-4.2. Имеет четкое представление о значении почвенных организмов в почвообразовании и формировании плодородия почв, использует эти знания при решении практических задач	Иметь четкое представление о значении почвенных организмов в почвообразовании и формировании плодородия, понимать роль кишечного микробного сообщества в природе, использовать эти знания для решения профессиональных задач
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	Самостоятельно углублять имеющиеся знания, анализировать научную литературу, формулировать актуальные цели и задачи, ориентироваться в классических и современных методах почвенной микробиологии, проводить самостоятельные экспериментальные исследования и нести ответственность за качество выполненных работ и достоверность полученных результатов
М-СПК-6. Способен применять на практике современные компьютерные и информационные технологии для решения задач по идентификации микроорганизмов, проведения статистической	СПК-6.1. Использует современные компьютерные и информационные технологии для решения задач по идентификации микроорганизмов	Использовать различные информационные технологии и международные базы данных для решения задач, связанных с идентификацией и описанием новых видов микроорганизмов, ассоциированных с почвенными животными

обработки экспериментальных данных и поиска необходимой информации в мировых базах данных научных публикаций	СПК-6.2. Осуществляет статистическую обработку экспериментальных данных, использует международные базы данных для поиска необходимой научных публикаций	Использовать международные электронные библиотеки и базы данных для поиска необходимой научной литературы

4. **Объем дисциплины** _____*3*_____з.е., в том числе ___*36*_____академических часа на контактную работу обучающихся с преподавателем, _____*72*_____академических часа на самостоятельную работу обучающихся.

5. **Формат обучения** _____*очный*_____

6. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) 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 *Виды самостоятельной работы, часы***		
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (семинары)	Занятия семинарского типа (лабораторные)	Занятия семинарского типа (практические)	**Всего**	Подготовка докладов	Подготовка рефератов	**Всего**
Раздел 1. Роль, задачи, цели, объекты изучения зоомикробных взаимодействий	10		2			2	4	4	8
Тема 1. Общие вопросы зоомикробных взаимодействий.	10		2			2	4	4	8
Форма текущей аттестации по разделу	устный опрос								
Раздел 2. Взаимодействие нанофауны с микроорганизмами	20		4		4	8	6	6	12
Тема 1. Взаимодействия простейших и микроорганизмов	8		2		2	4	2	2	4

Тема 2. Взаимоотношения нематод и микроорганизмов	6		1		1	2	2	2	4
Тема 3. Вклад микроорганизмов в рацион питания коловраток, тихоходок и планарий	6		1		1	2	2	2	4
Форма текущей аттестации по разделу – устный опрос	устный опрос								
Раздел 3. Взаимодействие микрофауны с микроорганизмами	22		4		6	10	6	6	12
Тема 1. Общие принципы взаимодействие почвенной микрофауны с микроорганизмами	8		2		2	4	2	2	4
Тема 2. Мелкие олигохеты. Влияние микроорганизмов на питание малощетинковых червей-энхитреид	7		1		2	3	2	2	4
Тема 3. Экологическая группа микроартроподы.	7		1		2	3	2	2	4
Форма текущей аттестации по разделу – устный опрос	устный опрос								

Раздел 4. Взаимодействие мезофауны с микроорганизмами	25		5		6	11	7	7	14
Тема 1. Мезофауна.	3		1			1	1	1	2
Тема 2. Дождевые черви.	4		1		1	2	1	1	2
Тема 3. Многощетинковые кольчатые черви.	4		1		1	2	1	1	2
Тема 4. Моллюски.	4		1		1	2	1	1	2
Тема 5. Подотряд мокрицы.	3				1	1	1	1	2
Тема 6. Тип многоножки.	3				1	1	1	1	2
Тема 7. Насекомые.	4		1		1	2	1	1	2
Форма текущей аттестации по разделу	устный опрос								
Раздел 5. Взаимодействие макрофауны с микроорганизмами.	14		2		2	4	5	5	10
Тема 1. Взаимодействие макрофауны с микроорганизмами.	14		2		2	4	5	5	10
Форма текущей аттестации по разделу	устный опрос								

Раздел 6. История развития почвенной зоологии и зоологии вообще в аспекте изучения зоомикробных взаимодействий.	13		1			1	6	6	12
Тема 1. История развития почвенной зоологии и зоологии вообще в аспекте изучения зоомикробных взаимодействий.	13		1			1	6	6	12
Форма текущей аттестации по разделу	устный опрос								
Промежуточная аттестация	Зачёт						4		
Итого:	108		18		18	36	36	36	72

Подробное содержание разделов и тем дисциплины:

Раздел. 1. Роль, задачи, цели, объекты изучения зоомикробных взаимодействий.

Тема 1. Общие вопросы зоомикробных взаимодействий. Определение понятия «зоомикробные взаимодействия». Роль, задачи, цели, объекты изучения зоомикробных взаимодействий в природе. Задачи, стоящие перед специалистами по зоомикробным взаимодействиям: установление структурно-функциональной организации микробных сообществ, ассоциированных с животными»; изучение питания животных: какова доля растительных остатков и микробов в питании, предпочитаемые в пищу микробы и механизм переваривания микроорганизмов. Роль микроорганизмов в адаптации животных к жизни в воде, на суше в почве. Вклад животных и микроорганизмов в суммарную биомассу организмов почвы и в дыхание почвы. Прямой вклад животных в экосистемные процессы и косвенный. Физиолого-биохимические адаптации микроорганизмов к конкретным местам обитания в организме животного. Роль адгезинов и, в частности, лектинов во взаимодействии животных и микроорганизмов. Кто важнее: хозяин или микроорганизм? Резидентные и транзиторные виды микроорганизмов в теле животных. Понятие о холобионте и коэволюции хозяина и микроорганизмов, приведшей к формированию единой системы, включающей развитие специализированных органов хозяина. Интестинальные микробные сообщества.

Раздел 2. Взаимодействие нанофауны с микроорганизмами.

Тема 1. Взаимодействия простейших и микроорганизмов. Взаимоотношение амёб и грибов, амёбы-вампирелиды и их взаимодействие с грибами и водорослям в почве и водных экосистемах. Взаимодействие жгутиконосцев с наземными беспозвоночными животными: симбиотические простейшие в кишечнике тараканов и низших термитов. Симбиоз раковинных амёб и инфузорий с зоохлореллами во мхах сфагнумах, подстилке, почве, водоёмах. Бактерии - эндосимбионты амёб из группы *Nucleariida*. Взаимодействие бактерий и простейших в ризосфере растений, ризосферный эффект для простейших и причины его возникновения. Регуляторная роль почвенных простейших по отношению к микробному сообществу почв. Выедание простейшими — одна из основных причин снижения численности бактерий кишечной группы в водоемах. Патогенные бактерии, вступающие в симбиоз с простейшими: микобактерии, псевдомонады, иерсинии, холерные вибрионы, сальмонеллы, эшерихии, франциселлы, кампилобактеры, листерии. Взаимоотношения факультативных внутриклеточных паразитов: псевдомонад, иерсиний, листерий, эризипелотриксов с инфузориями и другими простейшими и причина

их выживания после фагоцитоза в отличие от внеклеточных бактерий стафилококков. Аналогия с их воздействием на фагоциты. Бактерии — эндосимбиозы *Caedibacter, Holospora obtusa* и инфузория *Paramecium.* Симбиоз амёбы *Pelomyxa* с архей *Methanosaeta* и бактерией *Syntrophorhabdus.* Взаимодействие инфузорий, хитридиомицетов и бактерий в рубце жвачных животных. Зоопаговые грибы — паразиты и хищники простейших.

Тема 2. Взаимоотношения нематод и микроорганизмов. Особенности бактериоядных, грибоядных и всеядных нематод. Нематоды и нематофаговые грибы: 1) хищные грибы (стадии охоты грибов на нематод, причины хищничества); 2) эндопаразитические, предполагаемый путь эволюции 3) токсинообразователи. Микробиологические способы борьбы с фитогельминтозами на полях, в открытом грунте и в теплицах. Микробиологический биоконтроль фитонематод. Микроорганизмы антагонисты нематод. Биологические инсектициды на основе симбиоза энтомопатогенных бактерий сем. *Enterobacteriaceae Xenorhabdus* (с нематодами рода *Steinernema* (Сем. *Steinernematidae*) и *Photorhabdus* (с сем. *Heterorhabditidae*)). Бактерии рода *Pasteuria* – распространённые патогены нематод и членистоногих. Взаимодействие бактерий с фитонематодами. Патоген галловых нематод – бактерия рода *Rathayibacter.* Вклад *Lysobacter* в разрушение яиц и цист фитонематод. Фитонематоды рода *Bursaphelenchus* и их взаимосвязь с бактериями-симбионтами. *Chryseobacterium nematophagum* – патогенная для нематод бактерия. Поражение грибами рода *Pythyum* фитонематод-дориламид. *Gammaproteobacteria* из семейства *Chromatiaceae* и нематоды. Нематоды подсемейства *Stilbonematinae* и обитающие в слизи их покровов специфичные для разных видов автотрофные сульфид-окисляющие эктосимбионтные бактерии, за счёт которых они питаются. Род *Astomonema* (из сем. Siphonolaimidae) – морские нематоды с сульфид-окисляющими внеклеточными и внутриклеточными бактериями в среднем отделе редуцированного кишечника. *Stylopage* и *Zoopage* – паразиты нематод.

Тема 3. Вклад микроорганизмов в рацион питания коловраток, тихоходок и планарий. Взаимодействие планарий с симбиотическими одноклеточными зеленым водорослями *Convoluta viridis, Convoluta roscoffensis, Convoluta ivanovi.*

Раздел 3. Взаимодействие микрофауны с микроорганизмами.

Тема 1. Общие принципы взаимодействие почвенной микрофауны с микроорганизмами

Тема 2. Мелкие олигохеты. Влияние микроорганизмов на питание малощетинковых червей-энхитреид. Кольчатые бентосные черви *Phallodrilinae* содержащие серобактерий в толще кутикулы. Черви рода *Olavius* и симбиотические бактерии, за счёт которых он живёт (питается и утилизирует мочевину): сульфидоокисляющие, сульфатредуцирующие и спирохеты.

Тема 3. **Экологическая группа микроартроподы**. Физическое и химическое воздействие микроартропод на микробное сообщество почв. Влияние пищевой активности микроартропод на микробное сообщество почв. «Пастьба» микроартропод на водорослях и грибах. Коллемболы и грибы. Распространение микроорганизмов с почвенными клещами. Взаимоотношение между бактериями *Wolbachia* и различными группами членистоногих.

Раздел 4. Взаимодействие мезофауны с микроорганизмами.

Тема 1. Мезофауна. Типы взаимодействий между представителями мезофауны и микроорганизмами. Механизм регуляции мезофауной микробного комплекса почв; изменение обилия грибов и бактерий. Микробостазис и стимулировать рост микробов в кишечной среде. Отбор микробных популяций в пищеварительном тракте животных и его влияние на состав и структура почвенных микробных сообществ.

Тема 2. Дождевые черви. Модификация физических и химических свойств почвы и влияние этих процессов на микробиологические свойства почв. Вклад микроорганизмов и дождевых червей в вермикомпостирование. Приемы повышения эффективности вермикомпостирования органических отходов при помощи добавок живых дрожжей. Роль дождевых червей как экосистемных инженеров для почвенных микроорганизмов. Действие пищеварительной жидкости дождевых червей на микроорганизмы. Кишечные микроорганизмы дождевых червей: состав и функции в почве. Культивируемые микроорганизмы из пищеварительного тракта дождевых червей. Симбиотические бактерии рода *Acidovorax* и *Verminephrobacter* в нефридиях дождевых червей.

Тема 3. Многощетинковые кольчатые черви. Тионовые (сероводородокисляющие) и метанотрофные бактерии - эндосимбионты, населяющие трофосому вестиментифер и погонофор, населяющие метановые сипы и гидротермы. Роль эпидермиса в этом процессе.

Тема 4. Моллюски. Ферментативная активность пищеварительной системы и кишечные микроорганизмы наземных брюхоногих моллюсков. Симбиотические целлюлозолитические бактерии *цекума* (слепом выросте желудка) и корабельные черви *Teredo* или обитающие в видоизменениях жабр (*Lithoredo abatanica* или *Bankia setacea*).

Тема 5. Подотряд мокрицы. Особенности питания. Вклад микроорганизмов в питание сапротрофных и пустынных мокриц-фитофагов. Бактерии гепатопанкреаса мокриц: *Citrobacter freundii* и *Rhabdochlamydia porcellionis.*

Тема 6. Тип многоножки. Роль перитрофической мембраны в кишечнике и взаимодействии с кишечными микроорганизмами. Влияние киллерных веществ, выделяемых диплоподами на переваривание микроорганизмов. Концепция Б.А. Бызова о

роли киллерных веществ в пищеварении: перевариванию за счёт ферментов предшествует быстрая гибель микробов, вызываемая специфическими “киллерными” веществами небелковой природы, которые образуют животные. Действие этих веществ видо- и штаммоспецифично по отношению к микроорганизмам. У каждого животного есть свой круг микробов – жертв, которыми они питаются. Ферментативная активность в кишечнике диплопод. Трихомицеты (*Trichomycetes*) – кишечные симбионты диплопод и других членистоногих. Дрожжи *Pichia guilliermondii*- кишечные патогенны диплопод.

Тема 7. Насекомые. Вклад перетрофической мембраны в кишечнике насекомых во взаимодействие насекомого с кишечными микроорганизмами. Передача микроорганизмов от одного поколения насекомых другому. Кишечные сообщества и микроорганизмы симбионты у отрядов таракановые, термиты, прямокрылые, жесткокрылые, перепончатокрылые. Взаимоотношения почвенных насекомых с микроорганизмами. Хозяйственное и биодиагностическое значение. Энтомопатогенная бактерия *Bacillus thuringiensis* и практическое использование. Грибы-паразиты беспозвоночных животных. Энтомопатогенные грибы: сумчатые грибы *Laboulbenia, Podonectria* из отряда Hypocreales (*Beauveria, Lecanicillium, Isaria* (*Paecilomyces*), *Hirsutella, Metarhizium, Nomuraea, Cordyceps, Purpureocillium*), *Basidiomycotina Septobasidium* оомицет *Lagenidium, хитридиомицет Coelomomyces* и порядка *Entomophthorales* (*Conidiobolus, Entomophaga* , *Entomophthora, Pandora* и *Zoophthora).* Сумчатые грибы класса *Laboulbeniomycetes* – наружные паразиты сухопутных и водных насекомых и других членистоногих. Сапротрофные грибы и беспозвоночные животные. Пищевые цепи с участием грибов, складывающиеся в почве. Выедание почвенного мицелия и плодовых тел грибов разными группами беспозвоночных животных. Муравьи-листорезы *Acromyrmex и Atta* из Южной Америки и грибные сады. Четырёхсторонний симбиоз муравьёв, актиномицет *(Pseudonocardia или Streptomyces*) и двух видов грибов *Escovopsis и Leucocoprinus*. Жуки-короеды и жуки-сверлилы и переносимые ими в мицетангиях (микангиях) амброзийные грибы, развивающиеся на буровой муке в их ходах, и используемые в питании личинками этих жуков. Симбиоз грибов-дождевиков и жуков точильщиков, блестянок и плеснеедов Взаимодействия (протокооперация) ассоциаций видов жуков-ксилофагов (черный пихтовый усач, короед-типограф, большой лиственничный короед, большой сосновый лубоед, вершинный короед, древесинник полосатый) и офиостомовых грибов с древесными растениями. Энтеробактерии – симбионты листоблошек, тлей, клопов, цикад. Листоблошки и бактерии *Profftella armature* и *Carsonella* (внутриклеточный симбионт) в их бактериоме – особом участке кишечника. Клопы семейства *Plataspidae* и кишечная бактерия *Ishikawaella.* Симбионт тлей – бактерия

Buchnera, населяющаяособые клетки - бактериоциты, образующие специальный орган – бактерием, а также *Hamiltonella и Rickettsiella*. Перенос насекомыми – опылителями микроорганизмов. Симбиоз тараканов с бактерией *Blattabacterium*, населяющей клетки-бактериоциты жирового тела насекомого. Кишечная бактерия *Enterococcus mundtii* и гусеницы хлопчатниковой совки. Симбиоз высших и низших термитов с микроорганизмами.

Раздел 5. Взаимодействие макрофауны с микроорганизмами.

Тема 1. Кишечное сообщество почвенной макрофауны: норники и землерои. Ассоциативная кишечная азотфиксация у макрофауны. Участие микроорганизмов в работе пищеварительной системы жвачных животных. Микроорганизмы рубца жвачных животных. Особенности азотфиксации в желудочно-кишечном тракте речного бобра, полёвок, песчанок. Взаимосвязь диазотрофных и целлюлолитических симбионтов в ЖКТ зеленоядных грызунов Вклад *Bacteroides, Ruminococcus* и *Fibrobacter* в разложение растительных остатков у растительноядных позвоночных. Вклад *Fibrobacteres subphylum* в пищеварение млекопитающих.

Раздел 6. История развития почвенной зоологии и зоологии вообще в аспекте изучения зоомикробных взаимодействий.

Тема 1. Зоомикробные взаимодействия: от полного игнорирования до чрезмерного преувеличения роли микроорганизмов. История изучения трансмиссивных болезней. Изучение бактерий-эндосимбионтов С. фон Вольбахом. Работы Б.Р. Стригановой по питанию почвенных сапрофагов, изучение зоомикробных взаимодействий в почве Б.А. Бызовым, С. Шоем и М. Банковски. Представления Л. Моргулис о холобионтах. Изучение пищевых предпочтений у животных А.Д. Покаржевским. Труды Дж. М. Андерсона.

Практические занятия:

1. Исследование качественного состава сообщества почвенных простейших в почвенной накопительной культуре.
2. Метод выделения и учёта нематод методом воронок Бермана.
3. Эклекторная выгонка почвенных микроартропод из почвы для изучения их качественного и количественного состава.
4. Исследование кишечного микробного сообщества диплопод с помощью комплексного структурно-функционального метода характеристики популяций микроорганизмов в природе.
5. Микробиологический посев из содержимого кишечников представителей почвенной мезофауны.

6. Получение кишечной жидкости диплопод и изучение её влияния на рост чистых культур микроорганизмов *in vitro*.

Задания для самостоятельной работы в группах:

Характеристика видового состава и структуры почвенных зоологических образцов почвы, подстилки, опада;

Оценка уровней присутствия и разнообразия разных трофических групп почвенных животных в почвах с использованием разных методов.

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

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

Рекомендуемые темы рефератов и докладов:

1. История развития зоологии в аспекте изучения зоомикробных взаимодействий.
2. Влияние микроорганизмов на адаптацию животных к жизни и усвоению пищи.
3. Связь экологической классификации беспозвоночных животных с типами взаимоотношений с микроорганизмами по Дж. М. Андерсону.
4. Пищевые цепи в наземных экосистемах и место в них микроорганизмов.
5. Разнообразие кишечных микроорганизмов у различных групп животных.
6. Микроорганизмы – внутриклеточные симбионты простейших.
7. Нематоды и нематофаговые грибы.
8. Вклад микроорганизмов в рацион питания почвенных коловраток, тихоходок и планарий.
9. Микробные пищевые предпочтения у коллембол.
10. Распространение микроорганизмов с почвенными клещами.
11. Химическое и физическое воздействие почвенных животных на микробное сообщество почв.
12. Средообразующая для микроорганизмов роль дрилосферы.
13. Роль дождевых червей как экосистемных инженеров для почвенных микроорганизмов.
14. Микроорганизмы кишечника брюхоногих моллюсков.
15. Влияние микроорганизмов на питание сухопутных мокриц.
16. Пищеварительная система многоножек, концепция Б.А. Бызова о роли киллерных веществ в пищеварении.
17. Разнообразие симбиозов насекомых и микроорганизмов. Симбиоз грибов с муравьями, термитами, жуками-ксилофагами.
18. Состав кишечного комплекса почвенной макрофауны: норники и землерои.

19. Морфологические и физиологические адаптации пищеварительной системы животных к ассоциации и симбиозу с микроорганизмами.

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

1. Определение понятия «зоомикробные взаимодействия». Роль, задачи, цели, объекты изучения зоомикробных взаимодействий. Как соотносится экологическая классификация почвенных животных со степенью их связи с почвой.
2. История развития зоологии в аспекте изучения зоомикробных взаимодействий.
3. Взаимоотношение амёбы-вампиреллы и грибов в почве. Взаимодействие жгутиконосцев парабазелид с почвенными животными: симбиотические простейшие в кишечнике тараканов и низших термитов. Симбиоз раковинных амёб с зоохлореллами. Бактерии-эндосимбионты *Nucleariida*. Взаимодействие бактерий и простейших в ризосфере растений. Регуляторная роль почвенных простейших по отношению к микробному обществу почв.
4. Связь питание нематод микроорганизмами и строение ротового аппарата: безстилетные, стилетные, с копьём, с вооружённой стомой. Нематоды и нематофаговые грибы: 1. хищные грибы (стадии охоты грибов на нематод, причины хищничества), 2. эндопаразитические, 3. токсинообразователи. Микробиологические способы борьбы с фитогельминтозами. Биоконтроль фитонематод. Микроорганизмы-антагонисты нематод. Биологические инсектициды на основе симбиоза энтомопатогенных бактерий сем. Энтеробактерий *Xenorhabdus* (с нематодами рода *Steinernema* (Сем. Steinernematidae) и *Photorhabdus* (с сем. Heterorhabditidae). Вклад микроорганизмов в рацион почвенных коловраток, тихоходок и планарий. Триклады или трёхветвистые планарии в почве. Сем. Geoplanidae (Terricola).
5. Влияние микроорганизмов на питание малощетинковых червей – энхитреид.
6. Физическое и механическое воздействие микроартропод на микробное сообщество почв. Влияние пищевой активности микроартропод на микробное сообщество почв. Коллемболы и грибы. Панцирные клещи и грибы. Распространение микроорганизмов с почвенными клещами. Пищевые режимы панцирных клещей. «Пастьба» микроартропод на водорослях и грибах в почве. Взаимоотношение между бактериями *Wolbachia* и различными группами членистоногих.
7. Мезофауна. Типы взаимодействий между представителями мезофауны и микроорганизмами.

8. Дождевые черви. Связь экологической классификации дождевых червей: подстилочные, почвенные, норники и строения пищеварительной системы. Экологическое значение для микроорганизмов дождевых червей, роющая деятельность, представление о дрилосфере, на примере дождевых червей. Модификация физических и химических свойств почвы и влияние этих процессов на микробиологические свойства почв. Вклад микроорганизмов и дождевых червей в вермикомпостирование. Роль дождевых червей как экосистемных инженеров для почвенных микроорганизмов.
9. Наземные брюхоногие моллюски. Ферментативная активность пищеварительной системы и кишечные микроорганизмы. Экологическая классификация: хищники, потребители растительных остатков и грибов, потребители зелёных растений и грибов, полифаги, экологическое значение, хозяйственное и биоиндикационное значение. Трофические группы и пищевые предпочтения.
10. Подотряд мокрицы. Особенности строения пищеварительной системы. Особенности питания. Питание сапротрофных и пустынных мокриц. Распространение, экологическая классификация (гидробионты, гигрофилы, мезофиллы, ксерофилы).
11. Роль перитрофической мембраны в кишечнике и взаимодействии с кишечными микроорганизмами. Влияние киллерных веществ, выделяемых диплоподами на переваривание микроорганизмов. Концепция Б.А. Бызова о роли киллерных веществ в пищеварении. Ферментативная активность в кишечнике диплопод.
12. Роль кишечных микроорганизмов и внутриклеточных симбионтов в жизнедеятельности пауков, сеноксцев, сальпуг в почве.
13. Насекомые. Трансформация микробного сообщества почв представителями отрядов таракановые, термиты, уховёртки, прямокрылые жесткокрылые, переночатокрылые.
14. Кишечные сообщества и микроорганизмы симбионты у отрядов таракановые, термиты, прямокрылые, жесткокрылые, перепончатокрылые.
15. Взаимоотношения почвенных насекомых с микроорганизмами. Хозяйственное и биодиагностическое значение.

Кишечное сообщество почвенной макрофауны: норники и землерои. Ассоциативная кишечная азотфиксация у макрофауны

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, участие в дискуссиях)*	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
Умения *(виды оценочных средств: практические контрольные задания и защита полученных результатов, подготовка докладов, участие в дискуссиях)*	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: выполнение практических задач, связанных с выделением из кишечника почвенных беспозвоночных микроорганизмов и их идентификацией)*	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 литературы:

Основная литература:

1. *Бызов Б.А.* Зоомикробные взаимодействия в почве. М.: «Геос». 2005.
2. *Догель В.А.* Зоология беспозвоночных URSS. 2020. 628 с.
3. *Стриганова Б.Р.* Избранные труды. М.: Товарищество научных изданий КМК. 2017. 326 с.
4. *Звягинцев Д.Г., Бабьева И.П., Зенова Г.М.* Биология почв. Изд. 3-е, испр. и доп. - М.: Издательство Московского университета, 2005. - 448 с.

Дополнительная литература:

1. *Гиляров М.С.* Особенности почвы как среды обитания и ее значение в эволюции насекомых. М.: «Наука». 1949.

2. *Гиляров М.С.* Зоологический метод диагностики почв. М.: «Наука». 1969.

3. *Криволуцкий Д.А.* Животный мир почвы. М.: «Наука». 1989.

4. Количественные методы в почвенной зоологии (под ред. М.С. Гилярова и Б.Р. Стригановой). М.: «Наука». 1987.

5. *Гиляров М.С., Криволуцкий Д.А.* Жизнь в почве. М.: «Молодая гвардия». 1985.

6. *Казеев К.Ш., Колесников С.И., Вальков В.Ф.* Биология почв Юга России. Ростов-на-Дону: «Из-во ЦВВР». 2004.

- Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»: http://www.soilzoology.ru/

- Описание материально-технического обеспечения:

1. Помещения – аудитория, рассчитанная на группу из 10-15 учащихся; лаборатория с подведенной водой и природным бытовым газом.
2. Оборудование - мультимедийный проектор, компьютер, экран, выход в Интернет; газовые горелки, бинокуляры, микроскопы, встряхиватель, весы, автоклав, термостаты, холодильник, ПЦР амплификатор, микроцентрифуга, трансиллюминатор, камера с блоком питания для электрофореза, иммуно-ферментный анализатор (микропланшетный фотометр).
3. Расходные материалы – чашки Петри, пробирки, предметные и покровные стекла, пинцеты, ножницы, препаровальные иглы, микробиологические петли и крючки, пипетки, шпатели, вата, спирт, фильтровальная бумага, иммерсионное масло, питательные среды.

10. Язык преподавания: русский

11. **Преподаватели:**
Якушев Андрей Владимирович
Научный сотрудник кафедры биологии почв,
к.б.н. (2009, Д 501.002 МГУ);

12. **Разработчики программы:**
Якушев Андрей Владимирович
Научный сотрудник кафедры биологии почв,
к.б.н. (2009, Д 501.002 МГУ);

13. **Краткая аннотация дисциплины:**
Данный курс знакомит студентов с основными зоомикробных взаимодействий в почве. Рассказывает о том, как менялись представления о зоомикробных взаимодействиях с момента их открытия до настоящего времени. В рамках этого курса обсуждается строение пищеварительной системы животных, химический состав и функции основных отделов кишечника, особенности морфологии бактериоцитов, способы передачи микроорганизмов между животными. Подробно рассматриваются примеры взаимодействия различных групп животных с микроорганизмами. Обсуждается функциональная роль зоомикробных симбиозов в экосистемных процессах. Дан обзор использования дрожжевых грибов, как в традиционных бродильных производствах, так и в современной биотехнологии. В рамках курса рассматриваются также примеры и механизмы взаимодействия микроорганизмов и животных различных эколого-систематических групп, такие как экзо- и эндосимбиозы, патогенез, симбионтное пищеварение, «внешний рубец», средообразующей для микроорганизмов роли животных в наземных экосистемах. Практические занятия помогут понимать основные закономерности функционирования кишечного комплекса различных отделов пищеварительной системы животных различных систематических и трофических групп, структурной организации кишечного микробного сообщества, совместной почвообразующей роли животных и микроорганизмов, ассоциированных с ними.