

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:

Физические свойства и органическое вещество почв

Уровень высшего образования:

Магистратура

Направление подготовки (специальность):

06.04.02 Почвоведение

Направленность (профиль) ОПОП:

Физика, мелиорация и эрозия 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 30 декабря 2020 года (протокол № 1370).

1. **Место дисциплины в структуре ОПОП:** *относится к вариативной части ОПОП, является дисциплиной по выбору*

2. **Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия:**
перечень освоенных дисциплин

Почвоведение
Химия почв
Физика почв
Биология почв
Общая, физическая и коллоидная химия

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	М-СПК-1.1 М-СПК-1.2	Понимать, излагать и критически анализировать базовую информацию в области физики почв и органического вещества почв. Уметь количественно анализировать полученные экспериментальные и литературные данные по компонентам органического вещества почв. Знать фундаментальные основы механизмов процессов трансформации органических и минеральных твердофазных компонентов почв при почвообразовании, дифференциации почвенного профиля, миграции и аккумуляции химических соединений.

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		Всего
Особенности почв как объекта исследований Органическое вещество как твердофазный компонент почв	7	3				3		4
Методы анализа органического вещества почв	9	3	2			5		4
Органическое вещество почв, исторический аспект и современные представления	9	3	2			5		4
Органическое вещество и агрегатная структура	10	3	2			5		5

Органическое вещество и гидравлические свойства почв	10	3	2			5			5
Органическое вещество и плотность почвы	7	3				3			4
Органическое вещество, цвет и тепловые свойства почвы	9	3	2			5			4
Органическое вещество и площадь удельной поверхности	9	3	2			5			4
Практическая подготовка** (при наличии)									
Промежуточная аттестация - экзамен	экзамен						2		
Итого:	72	36					36		

**** Практическая подготовка (при наличии) осуществляется на базе ... (указать – структурное подразделение МГУ или организацию (предприятие), практическая подготовка на базе которого осуществляется на основании Договора)**

Подробное содержание разделов и тем дисциплины:

Тема 1. Особенности почв и почвенного органического вещества как объекта исследований. Органическое вещество - твердофазный компонент почв.

Содержание темы

Основные типы почв и роль органического вещества в их генезисе. Понятие о фазовом состоянии почв: твёрдая, жидкая и газообразная фаза. Органическое вещество почв - составная часть твердой фазы. Что такое органическое вещество почв (понятия и определения). Биологические и химические функции органического вещества. Водорастворимо ОВ и почвообразование. Природа автохтонной и аллохтонной форм ОВ. Соотношение размера пор, форм воды и размеров органических молекул и биоты.

Задания для самостоятельной работы

Органическое вещество и генезис почв гумидного и умеренного климата. Компоненты твердой фазы почв, их соотношение. Источники автохтонной и аллохтонной форм ОВ. Органические вещества в составе гигроскопической влаги, влаги завядания и капиллярной влаги. Преобладающие формы твердофазного органического вещества в почвах гумидного и семиаридного климата.

Тема 2. Методы анализа органического вещества почв

Содержание темы

Методы определения органического углерода почвы. Химические и физические методы выделения органического вещества почв. Экстракционный, седиментационный и денсиметрический методы. Анализ экстрактов органического вещества. Групповой и фракционный состав гумусовых веществ. Элементный состав гумусовых кислот. Сравнительная характеристика гуминовых кислот методом графо-статистического анализа. Структурные фрагменты гуминовых кислот. Спектроскопические методы (УФ, ИК, ЯМР). Хроматографическое фракционирование (гель фильтрация, ионообменная и хроматография гидрофобного взаимодействия).

Задания для самостоятельной работы

Преимущественные формы локализации гуминовых кислот и фульвокислот в почве до экстракции. Физические, химические и хроматографические приемы фракционирования органического вещества. Групповой состав гумуса почв и их гранулометрических фракций. Причина гуматности ОВ в составе фракции пыли почв степного генезиса. Насыщенность органического вещества азотом в составе гранулометрических фракций. Строение и свойства гумусовых веществ по данным спектроскопических методов. Фракционирование в тяжелых жидкостях, характеристика выделяемых фракций. Механизм гидрофобных взаимодействий, амфифильные компоненты гумусовых веществ, гуминовых и фульвокислот.

Тема 3. Органическое вещество почв, исторический аспект и современные представления

Содержание темы

Глобальный цикл углерода в биосфере. Почвы – основной резервуар органического углерода современных экосистем суши. Основные понятия и термины учения о почвенном гумусе: органическое вещество почвы, гумус. Эволюция взглядов на природу и строение гумусовых веществ. Полимерно-конденсационная гипотез формирования почвенного гумуса (теории М. М. Кононовой, Б. Фляйга, Л. Н. Александровой, Д.С.

Орлова). Молекулярно агрегационная теория строения гумусовых веществ. Концепция пулов органического вещества и времени оборота углерода. Свободное и окклюдированное органическое вещество. Сорбция органических соединений на поверхности минеральных частиц. Трехслойная модель строения органоминеральных соединений. Роль свойств поверхности твердой фазы в миграции веществ и доступности элементов питания растений и микроорганизмов. Контактный угол смачивания поверхности твердой фазы почв в зависимости от пространственной ориентации сорбированных органических соединений. Физическая и биохимическая устойчивость органического вещества.

Задания для самостоятельной работы

Основные резервуары секвестрированного углерода в биосфере. Два методических подхода к анализу органического вещества почв. В чем сходство и отличие полимерно-конденсационной и молекулярно агрегационной теориями строения гумусовых веществ. Причина неопределенной трактовки результатов на основе экстракционных методов исследования гумусовых веществ. Активный, промежуточный и пассивный пул органического вещества. Механизмы, обуславливающие физическую и биохимическую устойчивость органических соединений. значение форм органического вещества почв в проблеме глобального изменения климата. Формы органических веществ, причины их устойчивости к воздействию H_2O_2 и HF.

Тема 4. Органическое вещество и агрегатная структура.

Содержание темы

Обзор физических параметров почв, прямо и косвенно связанных с органическим веществом. Иерархическая схема почвы, агрегатов, микроагрегатов и элементарных почвенных частиц. Агрегатная структура – фактор устойчивого накопления и сохранения органического вещества. Водно-физические свойства чернозема под целинной растительностью и длительным паром. Распределение Сорг по профилю почв под целинной растительностью и пашней. Валовое содержание органического углерода и групповой состав гумуса чернозема под целинной растительностью и длительным паром. Миграция водорастворимых органических соединений в черноземе и гидрофобно-гидрофильный состав гумусовых веществ. Преимущественные источники гидрофильных и гидрофобных компонентов. Гумусовые вещества почвы в целом, водоустойчивого агрегата и илистой фракции водоустойчивого агрегата. Гидрофобно-гидрофильные компоненты гумусовых веществ в составе гранулометрических фракций. Трансформация органических веществ в аэробных и анаэробных условиях. Причины формирования квазианаэробных условий в агрегате. Дифференциация микробных сообществ в агрегате. Гидрофобизация поверхности твердой фазы почв и агрегирование мелкозема. Гипотезы, механизмы формирования и архитектура агрегатов. Агрегирующие факторы (полисахариды, гумусовые вещества, корни растений, гифы грибов, дождевые черви). Дифференциация форм органического вещества в агрегате и их функциональная специфичность. Дифференциация форм органического вещества в агрегате и их функциональная специфичность. Время оборота углерода в агрегатах в целинных почвах и почвах агроландшафтов. Концепции строения и механизмов формирования водоустойчивого агрегата. Роль бактериальных метаболитов в микро агрегировании и модификации свойств поверхности глинистых минералов. Плотность денсиметрических фракций, их гранулометрический состав и содержание органического вещества. Проблема плотности частиц при определении гранулометрического состава.

Задания для самостоятельной работы

Аналитические показатели деградации агрегатной структуры. Причина роста показателя Сгк:Сфк в черноземе длительного пара с деградированной агрегатной структурой. Общая тенденция дифференциации Сорг по профилю чернозема под пашней. Экспериментальные методы, подтверждающие преимущественный вынос гидрофильных компонентов гумусовых веществ из чернозема пашни. Формирования гидрофобных гумусовых веществ в агрегате. Два подхода к функции окклюдированного органического вещества в процессах агрегатообразования. Причины расхождения результатов определения гранулометрического состава, методом седиментации и лазерной дифракции.

Тема 5. Органическое вещество и гидрологические свойства почв

Содержание темы

Водоудерживающая способность - важнейшая составляющая физических свойств почв. Концептуальная схема вариантов смачивания поверхностей твердой фазы в агрегате. Изменение доступности влаги с содержанием органического вещества для почв разного гранулометрического состава. Опосредованное влияние органического вещества (плотность, порозность почвы, агрегированность) на водоудерживающую способность.

Задания для самостоятельной работы

Общая закономерность изменения водоудерживающей способности почв от гранулометрического состава. Вклад органического вещества в водоудерживающую способность почв. Причины снижения водоудерживающей способности почв с деградированной агрегатной структурой.

Тема 6. Органическое вещество и плотность почвы

Содержание темы

Факторы, влияющие на плотность почвы. Плотность органического вещества и минеральных ЭПЧ. Плотность почвы в зависимости от содержания глины и органического вещества. Плотность почв под целинной растительностью и пашней.

Задания для самостоятельной работы

Вклад органического вещества в плотность почвы. Агрегатная структура и плотность почвы. Причина увеличения плотности почвы в пахонных почвах.

Тема 7. Органическое вещество, цвет и тепловые свойства почвы

Содержание темы

Треугольник почвенных окрасок С.А. Захарова. Атлас Манселла. Спектральная отражающая способность почв. Корреляция между цветом почвы, отражающей способностью и содержанием органического вещества. Цвет и Сорг гранулометрических и денсиметрических фракций. Удельная теплоемкость компонентов почвы (воздух, вода, кварц, глинистые минералы, органическое вещество). Зависимость теплопроводности почв от содержания органического вещества. Теплоёмкость почвы, расчет теплоемкости по содержанию минеральной, органической и жидкофазной компонент. Тепловое свойство почвы формирует сочетание факторов (влагосодержание, плотность, гранулометрический состав, цвет почвы).

Задания для самостоятельной работы

Основные компоненты почв, влияющие на ее цвет. Использование отражающей способности почв при дистанционных методах исследования. Изменения цвета гранулометрических фракций с увеличением их дисперсности. Удельная теплоемкость в зависимости от комбинации соотношений фаз почвы. Механизм изменения теплопроводности почв, обусловленный органическим веществом.

Тема 8. Органическое вещество и площадь удельной поверхности

Содержание темы

Основные текстурные характеристики и методы определения. Площадь удельной поверхности минеральных компонентов твердой фазы. Площадь удельной поверхности органических и органоминеральных компонентов. Адсорбция на поверхности биологических макромолекул и их набухание. Классификация пор и диагностика их формы. Площадь удельной поверхности, гранулометрический состав и устойчивые микроагрегаты.

Задания для самостоятельной работы

Причины различий величины удельной поверхности, определенных разными методами. Изменение значений площади удельной поверхности, определённой в исходных образцах и после удаления органического вещества (для методов по адсорбции паров воды и низкотемпературной адсорбции азота). Два механизма связывания воды органическими веществами. Факторы, влияющие на неоднозначность интерпретации результатов. Петли гистерезиса и формы пор.

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

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

Рекомендуемые темы:

1. Особенности почв как объекта исследований физических параметров.
2. Органическое вещество как твердофазный компонент почв.
3. Методы выделения и анализа органического вещества почв.
4. Глобальное изменение климата Земли и органическое вещество почв.
5. Органическое вещество почв и теории строения гумусовых веществ почв.
6. Агрегатная структура – взаимосвязь и взаимообусловленность с органическим веществом почв.
7. Пулы органического вещества и причины их различной устойчивости в почве.
8. Концептуальные схемы формирования и строения почвенных агрегатов.
9. Роль органического вещества в формировании гидрологических свойств почв.
10. Органическое вещество, плотность компонентов твердой фазы и проблемы определения гранулометрического состава почв.
11. Цвет, тепловые свойства почвы и органическое вещество.
12. Интерпретация текстурных характеристик, полученных разными методами (сорбция паров воды, метиленового голубого, EGME, азота).
13. Алгоритм исследования механизмов деградации агрегатной структуры чернозема.

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

1. В чем заключается, и какие формы органического вещества осуществляют трансформацию поверхности минеральной фазы почв?

2. Какие методы с позиции физики следует использовать при исследовании роли органического вещества в формировании агрегатной структуры?
3. В чем особенности и их причина группового состава гумуса гранулометрических фракций?
4. Какой генезис и чем представлено твердофазное органическое вещество почв?
5. Как изменяются свойства поверхности минеральных частиц при сорбции органического вещества?
6. Какие формы и свойства органического вещества почв могут оказывать влияние на формирование водоустойчивого агрегата?
7. Как связана водоудерживающая способность почв органическим веществом почв?
8. В чем заключается функциональная специфичность и как формируются амфифильные компоненты гумусовых веществ?
9. В чем заключается механизм гидрофобных взаимодействий и их роль в агрегировании мелкозема?
10. Почему в составе гумусовых веществ черноземных почв преобладают гидрофобные компоненты?
10. В каких формах присутствует и в чем заключается пространственная организация органического вещества в агрегате?
11. Как и почему органическое вещество влияет на результаты определения площади удельной поверхности разными методами?
12. Как плотность, цвет и тепловые свойства почвы связаны с органическим веществом?
13. Чем отличаются и какая функциональная роль компонентов твердой фазы чернозема с плотностью <1.6, 1.6-1.8, 1.8-2.2, и > 2.2 г/см³?

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 (устный экзамен)	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания

9. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и дополнительной учебной литературы
 1. Шеин Е.В. Курс физики почв, Москва, Изд-во Моск.ун-та., 2005
 2. Теории и методы физики почв. Коллективная монография (Все темы и разделы). Под ред. Шеина Е.В., Карпачевского Л.О., М., Изд-во Грф и К, 2007
 3. Милановский Е. Ю. Гумусовые вещества как система гидрофобно-гидрофильных соединений (Все темы и разделы). М., Изд-во ГЕОС, 2011
 4. Мартынова Н. А. Химия почв: органическое вещество почв (все темы и разделы). Иркутск, Изд-во ИГУ, 2011
 5. Орлов Д.С. Гумусовые кислоты почв (Элементный состав гумусовых кислот). М., Изд-во МГУ, 1974
 6. Тейт Ш. Органическое вещество почвы: Биологические и экологические аспекты (главы 1, 11). М., Изд-во Мир, 1991
 7. Туев Н.А. Микробиологические процессы гумусообразования. (глава 5). М., Изд-во Агропромиздат, 1989
 8. Семенов В.М., Когут Б.М. Почвенное органическое вещество (глава 4). М., Изд-во ГЕОС, 2015
 9. Артемьева З.С. Органическое вещество и гранулометрическая система почвы (глава 1, 3), М., ГЕОС, 2010
 10. Травникова Л.С. Органоминеральные взаимодействия: роль в процессах формирования почв, их плодородия и устойчивости к деградации (все разделы). М., Изд-во Почвенного института им. В.В. Докучаева
 11. Пансю М., Готеру Ж. Анализ почвы. Справочник. Минералогические, органические и неорганические методы анализа. (Часть 2), Панкратов Д. Санкт-Петербург, Изд-во Профессия, 2014
 12. Караванова Е.И. Оптические свойства почв и их природа (Главы 5-7). М., Изд-во МГУ, 2003
 13. Архангельская Т.А. Температурный режим комплексного почвенного покрова. (глава 3). М., Изд-во ГЕОС, 2012
 14. Возможности современных и будущих фундаментальных исследований в почвоведении, В.О. Таргульян. М., Изд-во ГЕОС, 2000
 15. Bot A., José Benites. The importance of soil organic matter Key to drought-resistant soil and sustained food and production. Rome, Italy FAO2005
 16. Bachmann et all. Physical carbon-sequestration mechanisms under special consideration of soil wettability 2008 J. Plant Nutr. Soil Sci
 17. Wershaw, R. L. Evaluation of Conceptual Models of Natural Organic Matter (Humus) From a Consideration of the Chemical and Biochemical Processes of Humification US Geological Survey Scientific Investigations Report 2004–5121 2004
 18. Murphy B. W. Soil Organic Matter and Soil Function – Review of the Literature and Underlying Data Department of the Environment 2014
 19. Raphael J. Manlay Christian Feller M.J. Swift Historical evolution of soil organic matter concepts and their relationships with the fertility and sustainability of cropping systems 2007 Agriculture, Ecosystems and Environment

20. Evelyn S. Krull, Jan O. Skjemstad, Jeffrey A. Baldock Functions of Soil Organic Matter and the Effect on Soil Properties CSIRO Land and Water 2004
21. Schmidt, M. W., Torn, M. S., Abiven, S., Dittmar, T., Guggenberger, G., Janssens, I. A., ... Trumbore, S. E Persistence of soil organic matter as an ecosystem property 2011 Nature
22. Lehmann, J., Kleber, M. The contentious nature of soil organic matter 2015 Nature 60–68
23. Newcomb C J, Qafoku N P, Grate J W, Bailey V L, J J De Yoreo Developing a molecular picture of soil organic matter–mineral interactions by quantifying organo–mineral binding 2017 Nature Communications

- Перечень лицензионного программного обеспечения
- Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем
- Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости)
- Описание материально-технической базы: лекционная потоковая аудитория, оборудованная оргтехникой (проектор, компьютер, выход в Интернет).

10. Язык преподавания: русский

11. Преподаватель (преподаватели):

Дымов Алексей Александрович

Должность: профессор

Ученая степень (когда и где присуждена): д.б.н. 2018

Ученое звание (когда и кем присвоено): доцент с 13.01.2020

12. Разработчики программы:

Шеин Евгений Викторович

Должность: профессор

Ученая степень (когда и где присуждена): д.б.н. 1991

Ученое звание (когда и кем присвоено): профессор 1997

Милановский Евгений Юрьевич

Должность:

Ученая степень (когда и где присуждена): д.б.н. 2007

Ученое звание (когда и кем присвоено): доцент 07.05.2004

13. Краткая аннотация дисциплины:

Органическое вещество (гумус) как твердофазный продукт почвообразования имеет автохтонный и аллохтонный генезис. Автохтонное органическое вещество – результат химической и микробиологической трансформации органических остатков в минеральных горизонтах профиля почв *in situ*. Это преимущественно черные, обуглероженные органические элементарные почвенные частицы (ЭПЧ), размера мелкой и средней пыли с гидрофобной поверхностью и высоким содержанием гуминовых кислот. Органические вещества в жидкой фазе почв (водорастворимые продукты трансформации органических

остатков, микробные метаболиты, корневые экссудаты) при осаждении и сорбции на поверхности минеральных ЭПЧ, формируют аллохтонную форму твердофазного органического вещества (органоминеральные соединения). Тонкая органическая пленка на поверхности минеральных ЭПЧ придает новые физические свойства органоминеральным ЭПЧ (истинная плотность, площадь удельной поверхности, ее смачиваемость). Содержание, локализация в профиле, и функциональная специфичность форм твердофазного органического вещества оказывают прямо и косвенно влияние на агрегатную структуру, гидравлические характеристики, плотность, цвет и тепловые свойства почв.