

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:**

**Физика твердой фазы почв**

---

**Уровень высшего образования:**

*Бакалавриат*

**Направление подготовки (специальность):**

*06.03.02 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 «Физика, мелиорация и эрозия почв» программы *бакалавриата*

ОС МГУ утвержден решением Ученого совета МГУ имени М.В. Ломоносова от 30 декабря 2020 года (протокол №1370).

1. **Место дисциплины в структуре ОПОП:** вариативная часть, обязательная дисциплина

2. **Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия:** Почвоведение, Физика почв, Биология почв, Общая химия, Геология, Минералогия.

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

| <b>Компетенции выпускников (коды)</b>                                                                                                                                                                               | <b>Индикаторы (показатели) достижения компетенций</b>                                                                                                                           | <b>Планируемые результаты обучения по дисциплине, сопряженные с компетенциями</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Способен применять в профессиональной деятельности понятийный аппарат, знания теоретических основ и прикладных аспектов физики, мелиорации, эрозии и охраны почв во взаимосвязи со смежными дисциплинами. (Б-СПК-1) | Применяет в профессиональной деятельности понятийный аппарат, знания теоретических основ и прикладных аспектов физики почв во взаимосвязи со смежными дисциплинами (Б-СПК-1.1.) | Владеть фундаментальными знаниями о физических свойствах и функциях твердой фазы почв.<br>Знать теоретические основы классических и современных методов исследования твердой фазы почв.<br>Уметь обосновывать выбор методов исследования свойств твердой фазы почв в связи с поставленными задачами.<br>Владеть критериями агрофизической и агроэкологической оценки состояния почв с использованием информации о физических свойствах твердой фазы почв. |

4. **Объем дисциплины** 2 з.е., в том числе 48 академических часов на контактную работу обучающихся с преподавателем, 24 академических часов на самостоятельную работу обучающихся.

5. **Формат обучения** очная

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 (устный опрос) | Всего (часы) | В том числе                                                      |                                      |                                          |                                          |       |                                                     |  |       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|-------|-----------------------------------------------------|--|-------|
|                                                                                                       |              | Контактная работа<br>(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 рекомендованными литературными источниками |  | Всего |
| Введение                                                                                              | 2.5          | 2                                                                |                                      |                                          |                                          |       | Анализ литературы                                   |  | 0.5   |
| Тема 1.                                                                                               | 6            | 4                                                                |                                      |                                          |                                          |       | Анализ литературы                                   |  | 2     |
| Тема 2.                                                                                               | 6            | 4                                                                |                                      |                                          |                                          |       | Анализ литературы                                   |  | 2     |
| Тема 3.                                                                                               | 8            | 6                                                                |                                      |                                          |                                          |       | Анализ литературы                                   |  | 2     |
| Тема 4.                                                                                               | 6            | 4                                                                |                                      |                                          |                                          |       |                                                     |  | 2     |
| Тема 5.                                                                                               | 4            | 2                                                                |                                      |                                          |                                          |       | Анализ литературы                                   |  | 2     |
| Тема 6.                                                                                               | 6            | 4                                                                |                                      |                                          |                                          |       | Анализ литературы                                   |  | 2     |
| Тема 7.                                                                                               | 8            | 6                                                                |                                      |                                          |                                          |       | Анализ литературы                                   |  | 2     |
| Тема 8.                                                                                               | 6            | 4                                                                |                                      |                                          |                                          |       | Анализ литературы                                   |  | 2     |
| Тема 9.                                                                                               | 9            | 6                                                                |                                      |                                          |                                          |       | Анализ литературы                                   |  | 3     |
| Тема 10.                                                                                              | 10           | 6                                                                |                                      |                                          |                                          |       | Анализ литературы                                   |  | 4     |

|                              |                |    |     |
|------------------------------|----------------|----|-----|
| Промежуточная<br>аттестация: | <i>экзамен</i> |    | 0.5 |
| <b>Итого:</b>                | 72             | 48 | 24  |

## **Подробное содержание разделов и тем дисциплины:**

### **Введение.**

Цель и задачи курса «Твердая фаза почв». Почва как природное многофазное полидисперсное пористое тело. Основные этапы развития теоретических основ и методов изучения физики твердой фазы почв. Задачи и области применения научных знаний о свойствах твердой фазы почв. Взаимосвязь с коллоидной химией, почвоведением, агрофизикой, инженерной геологией, мелиорацией почв, экологией. Фазы почвы и их соотношение.

### **Тема 1. Элементарные почвенные частицы.**

Элементарная почвенная частица (ЭПЧ). Происхождение элементарных почвенных частиц. Устойчивость минералов к процессам выветривания. Первичные и вторичные минералы. Преобладающие минералы гранулометрических фракций. ЭПЧ органического и органоминерального происхождения. Органическое вещество гранулометрических фракций. Физико-химические и физические свойства ЭПЧ, влияние на физические свойства почвы.

### **Тема 2. Гранулометрический состав почв.**

Гранулометрический состав почв (определение). Возможные подходы к анализу размеров частиц. Понятие диаметра эквивалентной сферы и эффективного диаметра частиц. Объект гранулометрического анализа в российской и зарубежных школах почвоведения. Подходы к классификации элементарных почвенных частиц по размерам. Обоснование границ между фракциями. Классификации Н.А. Качинского, В.В. Охотина, А. Аттерберга. Классификации ЭПЧ зарубежных стран. Гранулометрический состав почв. Российская (Н.А. Качинского) и зарубежные (международная, USDA и др.) классификации почв по гранулометрическому составу. Представление результатов гранулометрического анализа. Связь гранулометрического состава с химическими, физическими, физико-химическими и теплофизическими свойствами почвы. Практическое применение результатов гранулометрического анализа почв.

### **Тема 3. Методы определения гранулометрического состава почв.**

Способы диспергации почвы. Седиментационный принцип гранулометрического анализа почв. Вывод уравнения Стокса, расчеты времени отбора проб. Ареометрический метод определения гранулометрического состава. Формулы расчета гранулометрического состава по плотности суспензии. Лазерно-дифракционный метод гранулометрического анализа почв и природных дисперсных тел. Принцип метода. Оптические модели для описания угловой зависимости интенсивности рассеянного света от размера частиц: приближение Фраунгофера, теория Ми. Принципиальное отличие результатов измерения, полученных седиментационными методами и методом лазерной дифракции.

### **Тема 4. Поверхность твердой фазы почв. Методы определения удельной поверхности почв.**

Поверхность твердой фазы почв. Дисперсность и удельная поверхность почв. Образование поверхности раздела фаз в процессах выветривания горных пород. Двойной

электрический слой. Поверхностная энергия. Взаимодействие молекул адсорбирующихся веществ с поверхностями твердой фазы почвы. Удельная поверхность почвы. Методы определения удельной поверхности: геометрический, микроскопический, сорбционный. Использование различных веществ в качестве адсорбата. Теория полимолекулярной адсорбции БЭТ. Метод низкотемпературной десорбции азота. Связь удельной поверхности почв с катионным обменом, водоудерживающей способностью, набуханием, пластичностью, прочностью и другими свойствами почвы.

#### **Тема 5. Теплота смачивания почв и методы ее определения.**

Теплота смачивания как характеристика поверхности твердой фазы почв, метод определения. Связь удельной поверхности и теплоты смачивания.

#### **Тема 6. Краевой угол смачивания почв и методы его определения.**

Смачивание и растекание. Краевой угол смачивания (КУС). Методы определения КУС: метод статической капли, метод капиллярной каймы. Связь КУС с составом органического вещества и другими свойствами почв.

#### **Тема 7. Твердая фаза почвы как основа формирования структуры и порового пространства почв.**

Механизмы агрегация твердой фазы почв. Микроагрегатный и макроагрегатный составы почв, краткое повторение методов определения и оценки. Плотность твердой фазы почвы и методы ее определения. Плотность почвы и методы ее определения. Фазы почвы и их соотношение. Пористость почв и агрегатов. Дифференциальная пористость почв: два подхода к оценке. «Пористость» и «коэффициент пористости». Формулы расчета. Зависимость пористости аэрации от плотности почв и влажности. Критические значения плотности почв для суглинистых и песчаных почв. Пористость и гидрологические свойства почв: водоудерживающая способность и влагопроводность. Роль порового пространства в функционировании почв. Влияние распределения пор по размеру на транспорт веществ, сорбционные, тепловые свойства, плодородие почв.

#### **Тема 8. Томографический метод изучения порового пространства почв.**

Томографический метод изучения порового пространства почв (принцип, результат, интерпретация). Открытая и закрытая пористости, связанность пор. Проблема бинаризации почвенных объектов. Отличие метода томографии от микроморфологического анализа почвенных срезов.

#### **Тема 9. Свойства твердой фазы, определяющие реологическое поведение почв.**

Типы межчастичных контактов, типы дисперсных структур. Основные законы (модели) реологии. Полная реологическая кривая, реологические параметры. Классификация типов структур по Ребиндеру и Фуксу. Упругость и пластичность почв, их связь со структурой и влажностью. Взаимосвязь реологических состояний с основной гидрофизической характеристикой. Области перехода различных категорий влаги.

#### **Тема 10. Методы определения реологических свойств почв.**

Методы определения реологических свойств. Основные отличия метода коаксиальных цилиндров от метода амплитудной развертки

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

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

1. Чем отличаются элементарные почвенные частицы, состоящие из органического вещества, минералов, химических соединений, органоминеральные.
2. Какие почвы относят к тяжелым суглинкам? (укажите содержание физической глины)?
3. В каком диапазоне частиц ареометр дает наибольшие абсолютные ошибки: А – при определении физического песка, Б – при определении пыли, В – при определении физической глины (физически обосновать ответ).
4. У каких почв (пород) выше пористость: (1) у песков или у глин, (2) у лессовых пород или глин? (3) у гравелистых пород или у песков?
5. Разница в общей пористости у поверхностных горизонтов (10 см) и глубинных (100 см) (материнских пород), где больше: в степных почвах или почвах гумидной зоны. Какова эта разница?
6. Как изменяется пористость? (Возрастает с глубиной? Убывает? Имеет максимум на глубине?) Межагрегатная пористость в дерново-подзолистых, в черноземах и красноземах?
7. Что такое (для характеристики пор): А - закрытая и открытая пористость, Б - томографическая и общая пористость.
8. Как зависит пористость от разрежающей способности томографа.
9. Пористость агрегатов разного размера.
10. Какие тяжелые почвы относят к переуплотненным? (укажите величину плотности почвы).
11. Какие песчаные почвы относят к переуплотненным (укажите величину плотности почвы).
12. В томографии применяются лучи (а) рентгеновские; (б) лазерные; (в) световые г) ньютоновские.
13. Как соотносятся «порозность» и «коэффициент пористости»? Выведите формулу их соотношения.
14. Различия томографии и микроморфологии по итоговому результату.
15. Кумулятивная кривая гранулометрического состава почв: что указано по оси ординат, что по оси абсцисс? Дифференциальная кривая гранулометрического состава почв: что указано по оси ординат, что по оси абсцисс?
16. Что нам необходимо экспериментально определить для расчета удельной поверхности почв?
17. Напишите две основные характеристики ЭПЧ.
18. Чем отличаются микроагрегаты от макроагрегатов?

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

1. Классификация ЭПЧ по размеру Н.А. Качинского. Обоснование границ между фракциями (0.001; 0.05; 1.0; 3.0 мм). Минералогический состав фракций ЭПЧ.
2. Определение гранулометрического состава почв с помощью ареометра. Принцип.
3. Определение гранулометрического состава почв с помощью лазерного дифрактометра. Принцип



4. Причины отличий в результатах гранулометрического состава почв при лазерно-дифракционном и седиментометрическом методах анализа
5. Взаимодействие паров воды с поверхностями твердой и жидкой фазы почвы
6. Зависимость величины удельной поверхности почв от гранулометрического и минералогического состава почвы и других почвенных свойств
7. Краевой угол смачивания. Методы определения.
8. Значения плотности для различных минералов и компонентов твердой фазы почвы. Типичные значения плотности твердой фазы, плотности и порозности различных почв.
9. Критические значения плотности суглинистых и песчаных почв.
10. «Порозность» и «коэффициент пористости». Формулы расчета.
11. Зависимость порозности аэрации от плотности почв и влажности
12. Томографический метод исследования порового пространства почв. Принцип, результат, интерпретация.
13. Дифференциальная порозность почв (2 подхода)
14. Типы межчастичных контактов, типы дисперсных структур.
15. Двойной электрический слой. Поверхностная энергия.
16. Основные законы (модели) реологии
17. Полная реологическая кривая, реологические параметры. Классификация типов структур по Ребиндеру и Фуксу.
18. Упругость и пластичность почв, их связь со структурой и влажностью
19. Взаимосвязь реологических состояний с основной гидрофизической характеристикой. Области перехода различных категорий влаги.
20. Методы определения реологических свойств.
21. Основные отличия метода коаксиальных цилиндров от метода амплитудной развертки

## 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<br>РО<br>и<br>соответствующие<br>виды оценочных              | 2 | 3 | 4 | 5 |

| средств                           |                   |                      |                                       |                                       |
|-----------------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| <b>Знания</b><br>(тесты, экзамен) | Отсутствие знаний | Фрагментарные знания | Общие, но не структурированные знания | Сформированные систематические знания |

## 9. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и дополнительной учебной литературы

### **Основная литература:**

Шеин Е. В. Курс физики почв. — Изд-во Московского университета г.Москва, 2005. — 432 с.

Теории и методы физики почв. Коллективная монография под общей редакцией Шеина Е.В. и Карпачевского Л.О / Е. В. Шеин, Л. О. Карпачевский, Т. А. Архангельская и др. — Гриф и К Москва, 2007. — 616 с.

Практикум по физике твердой фазы почв / Д. Д. Хайдапова, Е. Ю. Милановский, З. Н. Тюгай и др. — Москва: Москва, 2022. — 132 с.

### **Дополнительная литература:**

Воронин А.Д. Основы физики почв. Изд-во Московского университета. 1986. 244 с.  
Иванов А.Л., Шеин Е.В., Скворцова Е.Б. Томография порового пространства почв: от морфологической характеристики к структурно-функциональным оценкам // Почвоведение. 2019. № 1, с. 61-69.

Матвеева Н.В., Милановский Е.Ю., Хайдапова Д.Д., Рогова О.Б. Краевой угол смачивания как интегральный показатель физико-химических свойств черноземов Каменной степи // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2020. Вып. 101. С. 76-123.

Трофимов В.Т., Королев В.А., Вознесенский Е.А., Голодковская Г.А., Васильчук Ю.К., Зянгилов Р.С. Грунтоведение. Под ред. Трофимова В.Т. 6-е издание, переработанное и дополненное. Изд-во Московского университета. Изд-во «Наука». 2005. 1024 с.

Федотов Г.Н., Шеин Е.В., Путляев В.И., Архангельская Т.А., Елисеев А.В., Милановский Е.Ю. Физико-химические основы различий седиментометрического и лазерно-дифракционного методов определения гранулометрического состава почв. // Почвоведение, 2007. №3. с. 310-317.

Харитонов Г.В., Шеин Е.В., Воронов Б.А. Молекулярные межфазные взаимодействия в почвах. Владивосток: Дальнаука. 2012. 172 с.

Шрамм Г. Основы практической реологии и реометрии. М.: «КолосС». 2003, 312 с.

Щукин Е.Д., Перцов А.В., Амелина Е.А. Коллоидная химия. М.: «Высшая школа». 2007. 444 с.

Bieganski A., Ryzak M., Sochan A., Barna G., Hernádi H., Beczek M., Polakowski C., Makó A. Laser diffractometry in the measurements of soil and sediment particle size distribution // Adv. Agron., 2018. V. 151. P. 215-279.

Wibke Markgraf, Rainer Horn, Stephan Peth An approach to rheometry in soil mechanics—Structural changes in bentonite, clayey and silty soils/ Soil & Tillage Research. 91 (2006). P. 1–14/

- Перечень лицензионного программного обеспечения
- Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

- Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости)
- Описание материально-технической базы: аудитория, ПК, проектор, экран, доска.

**10. Язык преподавания:** русский

**11. Преподаватели:**

Бутылкина Марина Александровна

Должность: доцент

Ученая степень (когда и где присуждена): кандидат биологических наук (1999, ВАК Минобрнауки РФ)

Ученое звание (когда и кем присвоено): без звания

Хайдапова Долгор Доржиевна

Должность: доцент

Ученая степень (когда и где присуждена): кандидат биологических наук (1990, ВАК Минобрнауки РФ)

Ученое звание: доцент/с.н.с. (2004, ВАК Минобрнауки РФ)

**12. Разработчики программы:**

Бутылкина Марина Александровна

Должность: доцент

Ученая степень (когда и где присуждена): кандидат биологических наук (1999, ВАК Минобрнауки РФ)

Ученое звание (когда и кем присвоено): без звания

Хайдапова Долгор Доржиевна

Должность: доцент

Ученая степень (когда и где присуждена): кандидат биологических наук (1990, ВАК Минобрнауки РФ)

Ученое звание: доцент/с.н.с. (2004, ВАК Минобрнауки РФ)

Шеин Евгений Викторович

Должность: профессор

Ученая степень (когда и где присуждена): доктор биологических наук (1991, ВАК Минобрнауки РФ)

Ученое звание: профессор по кафедре (1997)

**13. Краткая аннотация дисциплины:**

Курс «Твердая фаза почв» знакомит студентов с современными представлениями о свойствах твердой фазы почв, строении порового пространства и их взаимосвязи с реологическим поведением и функционированием почв, рассматривает новые современные методы исследования твердой фазы почв.