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:

Спецпрактикум «Определение энерго-массопереноса в почвах»

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 06.03.02 Почвоведение 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:** *относится к вариативной части ОПОП, является дисциплиной по выбору*

2. **Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия:** *перечень освоенных дисциплин (практик)*
Высшая математика
Физика
Общая химия
Физическая химия
Коллоидная химия
Почвоведение
Физика почв
Учебная практика по физике почв

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-2 **Б-СПК-3**	Б-СПК-2.1 Б-СПК-3.1 Б-СПК-3.2	Знать теоретические основы метода центрифугирования для определения основной гидрофизической характеристики, капилляриметрического метода в зондовом варианте для определения функции влагопроводности, метода выходных для определения шага смешения, метода определения эффективного коэффициента диффузии газов и паров в почве, метода определения содержания нерастворяющей влаги в почве. Понимать целевое назначение определяемых параметров энерго- массопереноса в почвах и представлять спектр практических задач, которые могут быть решены с использованием полученных параметров. Уметь проводить

		эксперимент и последующие расчеты, необходимые для получения изученных в практикуме параметров энерго- массопереноса в почвах. Иметь опыт анализа полученных данных. Уметь организовать лабораторные эксперименты по определению изученных параметров энерго-массопереноса в почвах.

4. **Объем дисциплины** 2 з.е.**,** в том числе 36 академических часов на контактную работу обучающихся с преподавателем, 72 академических часа 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**
Раздел 1				4					
Тема 1				2					
Тема 2				2					
Раздел 2				28					12
Тема 1				8					2
Тема 2				4					2
Тема 3				4					2
Тема 4				4					2

Тема 5				4					2
Тема 6				4					2
Форма текущей аттестации по разделу – устный опрос	Мини-коллоквиум по теории методов								
Раздел 3				4					56
Обработка и анализ результатов измерений									28
Обсуждение полученных результатов с преподавателем и группой. Подготовка итогового отчета				4					28
Практическая подготовка** *(при наличии)*									
Промежуточная аттестация - зачет	*зачет*						4		
Итого:	108	36					72		

***** 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:

Раздел 1. Подготовительная часть.

Тема 1. Введение.

Знакомство студентов со структурой практикума. Анализ информации об объекте исследования (объектом исследования служат насыпные почвенные образцы, отобранные из различных горизонтов одного почвенного разреза).

Тема 2. Подготовительный этап.

Подготовка образцов почвы и лабораторной посуды, определение гигроскопической влажности почвы заполнение пластиковых или стеклянных цилиндров насыпной воздушно-сухой почвой с контролем ее плотности.

Раздел 2. Экспериментальная часть

Тема 1. Определение основной гидрофизической характеристики методом центрифугирования.

Подготовка к занятию: изучение теоретических основ и этапов проведения эксперимента.

Проведение эксперимента. Заполнение центрифужных пробирок почвенными образцами и определение их массы. Насыщение образцов влагой до полной влагоемкости и определение массы пробирок с влажной почвой. Центрифугирование пробирок с постепенным увеличением скорости от 200 до 6000 об/мин. Определение массы центрифужных пробирок с почвой после каждого этапа центрифугирования. Определение влажности почвы на момент окончания эксперимента.

Обработка результатов и анализ данных: расчет влажности почвы методом обратного пересчета и капиллярно-сорбционного давления почвенной влаги при различных скоростях, аппроксимация полученных данных в программе RETC, анализ полученных данных.

Тема 2. Определение функции влагопроводности (зависимости ненасыщенной гидравлической проводимости от капиллярно-сорбционного давления почвенной влаги) капилляриметрическим методом в зондовом варианте.

Подготовка к занятию: изучение теоретических основ и этапов проведения эксперимента.

Проведение эксперимента. Заполнение цилиндров тензиометрической установки почвенными образцами. Насыщение образцов почвы до полной влагоемкости, проведение эксперимента в режиме иссушения путем постепенного увеличения разрежения в системе. Наблюдение за динамикой вытекания воды из почвы в бюретку при каждом разрежении. Определение влажности почвы на момент окончания эксперимента.

Обработка результатов и анализ данных: расчет влажности почвы методом обратного пересчета, капиллярно-сорбционного давления почвенной влаги и коэффициента влагопроводности при различных разрежениях, построение функции влагопроводности, анализ полученных данных.

Тема 3. Определение параметра гидродинамической дисперсии и шага смешения методом выходных кривых.

Подготовка к занятию: изучение теоретических основ и этапов проведения эксперимента по получению выходных кривых.

Проведение эксперимента. Проведение модельного колоночного фильтрационного эксперимента с использованием раствора – метки KCl в режиме засоления, сбор порций фильтрата, определение коэффициента фильтрации, почвенно-гидрологических констант

– капиллярной влагоемкости, полной влагоемкости, наименьшей влагоемкости. Определение активности ионов K^+ и Cl^- в порциях фильтрата потенциометрическим методом.

Обработка результатов и анализ данных: расчет плотности, пористости и объема пор почвы в колонке, расчет величины такта, построение «выходных кривых» в координатах «относительная концентрация/время» и «относительная концентрация/такт», расчет параметра гидродинамической дисперсии (шага смешения) в программе STANMOD, анализ полученных данных.

Тема 4. Определение содержания нерастворяющей влаги в почве.

Подготовка к занятию: изучение теоретических основ и этапов проведения эксперимента.

Проведение эксперимента. Подготовка почвенной пасты с использованием раствора $CaCl_2$ известной концентрации. Центрифугирование почвенной пасты. Определение содержания хлора в исходном растворе и в центрифугате потенциометрическим методом.

Обработка результатов и анализ данных: расчет содержания нерастворяющей влаги в почве, анализ полученных данных.

Тема 5. Определение эффективного коэффициента диффузии газов и паров в почве (на примере O_2).

Подготовка к занятию: изучение теоретических основ и этапов проведения эксперимента.

Проведение эксперимента. Заполнение патрона диффузиметра воздушно-сухим образцом почвы. Создание избытка концентрации исследуемого газа (пара) в объеме диффузиметра. Определение динамики изменения концентрации вещества в объеме диффузиметра использованием портативного газоанализатора или датчиков определения содержания кислорода. Повторение эксперимента для влажного образца почвы (W = 20 %).

Обработка результатов и анализ данных: расчет эффективного коэффициента диффузии для воздушно-сухой и влажной почвы, анализ полученных данных.

Тема 6. Определение теплофизических параметров материалов (в т.ч. почв) методом нестационарного линейного источника тепла.

Подготовка к занятию: изучение теоретических основ и этапов проведения эксперимента.

Проведение эксперимента. Подготовка прибора к работе, проверка показаний на стандартном образце при различной температуре. Определение теплопроводности, температуропроводности, теплоемкости в насыпных колонках при различной влажности, плотности, степени засоления. Определение теплофизических параметров в насыпных колонках с зональным рядом почв, с субстратами для почвенных конструкций и их смесью.

Обработка результатов и анализ данных: построение зависимостей теплофизических параметров от различных факторов: влажность, плотность, содержание органического вещества, степень засоления и д.р. Анализ полученных данных. Сравнить скорость и степень прогревания зональных почв с использованием полученных значений теплофизических параметров.

Раздел 3. Результаты и обсуждение.

Обработка и анализ результатов измерений.

Обсуждение полученных результатов с преподавателем и группой. Подготовка итогового отчета.

Итоговая конференция-зачет.

Подготовка к конференции: подготовка доклада и презентации по результатам исследований.

Представление результатов исследования на итоговой конференции. Обсуждение закономерностей изменения полученных характеристик в пределах изученного почвенного профиля. Подведение итогов.

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

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

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

Почему при построении выходных кривых используют величину такта?
Какую информацию содержат выходные кривые (их положение, форма и т.д.)?
Под действием каких сил происходит перемещение ионов в почве? Какие параметры описывают эти воздействия?
Как будут выглядеть выходные кривые хлорид-иона относительно агрегированной суглинистой почвы для песчаных почв, торфяных почв, ожелезненных почв?
Что такое эффективный коэффициент диффузии газа в почве, для чего необходимо его исследовать?
Как изменяется коэффициент диффузии газов и паров в зависимости от температуры и атмосферного давления? Где выше скорость диффузии газов в почвах или в атмосфере?
Как изменяется показатель D с влажностью (пористостью аэрации) почвы? При каких значениях эффективного коэффициента диффузии кислорода диагностируется недостаток аэрации?
Что такое величина относительной диффузивности газов (D/D0) и как оценить ее по основной гидрофизической характеристике?
На каких насыпных образцах (монолиты, насыпные, отдельные гранулометрические фракции) лучше определять эффективный коэффициент диффузии газов в почвах?
Как зависит ненасыщенная гидравлическая проводимость от влажности почвы (потенциала почвенной влаги)?
Изменение коэффициента влагопроводности с изменением гранулометрического состава и других физических свойств?
В чем заключается явление отрицательной адсорбции в почвах?
В чем отличие между тепловым режимом почв и температурным. Какие теплофизические параметры используются для характеристики почв. Как теплофизические параметры зависят от влажности почвы? Влияние других факторов на температурный режим почв.

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 опрос*	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
Умения *практические задания*	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

9. **Ресурсное обеспечение:**

- Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература

1. Теории и методы физики почв. Коллективная монография под ред. Е.В. Шеина, Л.О. Карпачевского. М.: Гриф и К. 2007. С. 373-401.
2. Шеин Е.В. Курс физики почв. Изд-во Московского университета. 2005. 432 с.

Дополнительная литература

1. Пачепский Я.А. Математические модели физико-химических процессов в почвах. М.: Наука. 1990. 188 с.
2. Полубесова Т.А., Понизовский А.А., Ставински Я. Применение теории двойного электрического слоя для описания закономерностей формирования нерастворяющей влаги в почвах // Почвоведение. 1989. №11. С. 68-74
3. Смагин А.В. Газовая фаза почв. Изд-во МГУ. 2005. 301 с.
4. Умарова А.Б. Преимущественные потоки влаги в почвах: закономерности формирования и значение в функционировании почв. М.: ГЕОС. 2011. 266 с.
5. Шеин Е.В., Белик А.А., Кокорева А.А., Колупаева В.Н. Количественная оценка неоднородности потоков веществ по параметру “шаг смешения” для математических моделей миграции пестицидов в почвах // Почвоведение. 2018. № 7. С. 852–858.
6. van Genuchten Th. M., Leij F. J., and Yates S. R. The RETC Code for Quantifying the Hydraulic Functions of Unsaturated Soils, Version 1.0. EPA Report 600/2-91/065, U.S. Salinity Laboratory, USDA, ARS, Riverside, California. 1991. 85 c.

7. van Genuchten M.Th. CFITIM Model: Estimates parameters in several equilibrium and non-equilibrium transport models from solute breakthrough curves, USDA Agricultural Research Service, 1981

- Перечень лицензионного программного обеспечения: STANMODE
- Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем
- Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости)
- Описание материально-технической базы: лаборатория, лабораторный стол, сушильный шкаф, капилляриметрическая установка (зондовый вариант), вакуумный насос, центрифуга, диффузиметры, датчики для определения содержания O_2, лабораторная посуда, алюминиевые и стеклянные бюксы, эксикаторы, керамические ступки, наборы сит, иономеры, ионоселективные электроды и электроды сравнения, технические и аналитические весы, химические реактивы, прибор для измерения теплофизических параметров.

10. **Язык преподавания: русский**

11. **Преподаватель (преподаватели):**

Бутылкина Марина Александровна
Должность: доцент
Ученая степень (когда и где присуждена): к.б.н. 1999
Ученое звание (когда и кем присвоено)

Кокорева Анна Александровна
Должность: ведущий научный сотрудник
Ученая степень (когда и где присуждена): к.б.н. 2009
Ученое звание (когда и кем присвоено)

Гасина Анастасия Игоревна
Должность: научный сотрудник
Ученая степень (когда и где присуждена):
Ученое звание (когда и кем присвоено)

Шнырев Николай Андреевич
Должность: научный сотрудник
Ученая степень (когда и где присуждена): к.б.н. 2014
Ученое звание (когда и кем присвоено)

Сусленкова Мария Михайловна
Должность: научный сотрудник
Ученая степень (когда и где присуждена): к.б.н. 2019
Ученое звание (когда и кем присвоено)

Макарова Екатерина Павловна
Должность:

Ученая степень (когда и где присуждена): к.б.н. 2014
Ученое звание (когда и кем присвоено)

12. **Разработчики программы:**
Бутылкина Марина Александровна
Должность: доцент
Ученая степень (когда и где присуждена): к.б.н. (1999, ВАК)
Ученое звание (когда и кем присвоено)

Шеин Евгений Викторович
Должность: профессор
Ученая степень (когда и где присуждена): д.б.н. 1991
Ученое звание (когда и кем присвоено): профессор

Умарова Аминат Батальбиевна
Должность: заведующий кафедрой
Ученая степень (когда и где присуждена): д.б.н. 2008
Ученое звание (когда и кем присвоено): профессор 26.11.2015

Смагин Андрей Валентинович
Должность: профессор
Ученая степень (когда и где присуждена): доктор биологических наук, 2004, ВАК РФ
Ученое звание (когда и где присуждена): профессор, 2007, ВАК РФ

13. **Краткая аннотация дисциплины:**

Курс направлен на освоение методов получения и расчета основных параметров и функций энерго- массопереноса в почвах, используемых в прогнозных математических моделях транспорта. Он включает анализ полученных экспериментальных данных и способы их представления. Данный практикум связан с лекционными курсами «Физика почв», «Гидрология почв», «Газовая фаза почв», где даются необходимые для освоения курса теоретические знания.