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:

ГАЗОВАЯ ФАЗА 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 *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 Физика, мелиорация и эрозия почв; является дисциплиной по выбору.

2. **Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия:** В соответствии с Учебным планом ИБ «Почвоведение» обучающиеся должны предварительно освоить следующие дисциплины:

из Базовой части: модуль «Общенаучные дисциплины» - Высшая математика, Физика, Общая химия, Физическая химия, Коллоидная химия, Органическая химия, Аналитическая химия, Математическая статистика;
модуль «Почвоведение» - Почвоведение, Биология почв;
модуль «Науки о почвах» - Физика 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-1.	Б-СПК-1.1. Применяет в профессиональной деятельности понятийный аппарат, знания теоретических основ и прикладных аспектов физики почв во взаимосвязи со смежными дисциплинами.	Владеть фундаментальными знаниями и практическими навыками в области количественной оценки поведения газообразных веществ в почвенных физических системах в связи с проблемами загрязнения атмосферы и парникового эффекта; владеть критериями и нормативами агрофизической и агроэкологической оценок почв с использованием информации о физическом состоянии и динамике газов и паров в них. -; - ; -
Б-СПК-2.	Б-СПК-2.1. Использует в профессиональной деятельности знания о почвенно-физических процессах переноса веществ и энергии в почве..	Владеть методологией количественной оценки газовой функции почв по отношению к атмосфере с учетом внутрипочвенных процессов межфазных взаимодействий и распределения газов и паров
Б-СПК-3.	Б-СПК-3.2. Использует	Владеть практическими

	современные экспериментальные и расчетные методы в области физики и мелиорации почв, эрозии и охраны почв.	навыками и компетенциями в области математического моделирования межфазных взаимодействий, генерации, поглощения и транспорта газов и паров в почвах; знать современные инструментальные методы количественной оценки физического состояния газовой фазы почв и его динамики

4. **Объем дисциплины:** _2_ з.е.**,** в том числе _36_ академических часа на контактную работу обучающихся с преподавателем, _36_ академических часа на самостоятельную работу обучающихся.

5. **Формат обучения** смешанный, часть обучения имеет возможность проведения с использованием дистанционных образовательных технологий, а также иных образовательных, научно-исследовательских и научно-производственных технологий:

- использование средств дистанционного сопровождения учебного процесса и онлайн-консультаций;
- защиты результатов в форме научных докладов и презентаций рефератов;
- применение современного программного обеспечения, физически обоснованных математических моделей.
- включение студентов в проекты НИР и НИОКР.

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** ***Виды самостоятельной работы, часы***		
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (семинары)	Занятия семинарского типа (лабораторные)	Занятия семинарского типа (практические)	**Всего**	Работа с рекомендованными литературными источниками; подготовка к ответам на семинарах; написания рефератов	Работа с рекомендованными литературными источниками; и компьютерными софтами, подготовка к контрольной	**Всего**
Раздел 1. Введение	4	2				2			2
Тема 1. Почва как физическая система; газовая фаза почвы		2					2		
Форма текущей аттестации по разделу №1	Тестирование знаний: не проводится								
Раздел 2. Состав и состояния газовой фазы почв	20	10				10	6	4	10

Тема 1. Качественный и количественный состав почвенного воздуха		2					2		
Тема 2. Физическое состояние газовой фазы почв		8					4	4	
Форма текущей аттестации по разделу №2	Тестирование знаний: ответы на тесты и расчетные задания контрольных работ с использованием ПК; оценка рефератов								
Раздел 3. Динамика состояний газовой фазы почв	33	18				18	7	8	15
Тема 1. Движение газов и паров в почвах		6					3	3	
Тема 2. Биогенные источники и стоки газообразных веществ в почве		4					2	2	
Тема 3. Количественная оценка и моделирование динамики состояний газовой фазы почв и газообмена с атмосферой		8					2	3	
Форма текущей аттестации по разделу №3	Тестирование знаний: ответы на тесты и расчетные задания контрольных работ с использованием ПК; оценка рефератов								
Раздел 4. Методы оценки состояний и	12	6				6			6

динамики газовой фазы почв									
Тема 1. Определение концентрации, эмиссии (поглощения) и межфазных взаимодействий газообразных веществ в почвах		4					2	2	
Тема 2. Лабораторные и полевые методы исследования транспорта газообразных веществ в почвах		2					2		
Форма текущей аттестации по разделу №4	Тестирование знаний: ответы на тесты и расчетные задания контрольных работ с использованием ПК; оценка рефератов								
Промежуточная аттестация	Экзамен						3		
Итого:	72								

Подробное содержание разделов и тем дисциплины:

Раздел 1. ВВЕДЕНИЕ

Тема 1. Почва как физическая система; газовая фаза почвы.

Понятие о почве как трехфазной биокосной динамической физической системе. Газовая фаза почвы и ее связь с другими компонентами почвенной физической системы: показатели состояния, термодинамическое (феноменологическое) описание, современные подходы (линейная, нелинейная кинетика – синергетика) к описанию сложных физических систем. Устойчивость и режимы функционирования динамических систем. Скорости, градиенты, потоки, линейные феноменологические уравнения массопереноса, их ограничения, уравнение неразрывности; базовая процессная модель динамической системы, начальные и граничные условия, аналитические и численные решения, современные компьютерные модели (среды). Исторические основы исследования газовой фазы почв и газообмена с атмосферой

Раздел 2 СОСТАВ И СОСТОЯНИЯ ГАЗОВОЙ ФАЗЫ ПОЧВ

Тема 1. Качественный и количественный состав почвенного воздуха.

Газы и пары в атмосфере и почве. Макро и микрокомпоненты. Макрогазы и пары (N_2, O_2, Ar, CO_2, H_2O). Содержание макрогазов и паров в почвенном и атмосферном воздухе, закономерности пространственного распределения. Дыхание почвы, эмиссия CO_2 (количественные придержки, контролирующие факторы, суточная и сезонная изменчивость, зональность). Глобальный углеродный цикл (потоки и пулы); оценка глобального вклада почвы в производство CO_2. Микрокомпоненты: парниковые газы и загрязняющие вещества, содержание, интенсивности производства и поглощения почвами. Метан, газообразные соединения азота и серы в почве, основные механизмы продукции и поглощения, интенсивности процессов, концентрации. Водород, органические газы и пары. Планетарная газовая функция почв; сравнительная оценка глобальной роли почвенного покрова в регуляции состава и состояния атмосферы, почва как резервуар, источник и сток газообразных веществ, современные экологические проблемы. Дискуссионные вопросы количественного изучения и моделирования газообмена почв с атмосферой, теория парникового эффекта и ее ревизия

Тема 2. Физическое состояние газовой фазы почв.

Интенсивные показатели состояния газовой фазы в почвенной физической системе: пористость почвы, пористость аэрации, объемные проценты содержания газообразного компонента, ppm, концентрации в объеме, связь между ними, расчет для разных вариантов инструментальной оценки, фундаментальное термодинамическое уравнение потенциала газообразного компонента (на примере паров воды). Фундаментальная зависимость термодинамического потенциала от температуры и ее применение для оценки дисперсности почв и сорбции влаги. Равновесие в поле силы тяжести. Двухфазная система (газ (пар)- жидкость). З-н Рауля. Понятие о «химической конденсации», зависимость насыщающего давления от мольной доли растворенного вещества. Равновесие «жидкость-газ», растворение, эффективная растворимость; кинетика растворения. Трехфазная система. Взаимодействие газов и паров с поверхностями и объемами дисперсной пористой среды (адсорбция, хемосорбция, объемное поглощение). Поглощение газов почвами и их отдельными компонентами (количественные придержки).

Общий вид изотерм сорбции (ИС) для газов и паров, их физические механизмы. Фундаментальные уравнения (модели) ИС (Генри, Ленгмюра, БЭТ) и их развитие на современном этапе. Количественное описание и моделирование сорбции паров воды почвой. Сорбция летучих органических веществ и сложные формы (типы) ИС по ИЮПАК. Линейная и нелинейная кинетика сорбции газов и паров. Процессы капиллярной конденсации, уравнение Кельвина. Классификация пор по Дубинину. Гистерезис изотерм поглощения паров почвами, его физические причины.

Раздел 3 ДИНАМИКА СОСТОЯНИЙ ГАЗОВОЙ ФАЗЫ ПОЧВ

Тема 1. Движение газов и паров в почвах.

Феноменологические уравнения (модели) молекулярного и конвективного массопереноса. Понятие о линейных феноменологических коэффициентах массопереноса, сопряженные потоки, правило Онзаггера. Воздухопроницамость и ее связь с пористостью аэрации в почвах и грунтах. Расчет конвективных потоков в почвах и почвенных конструкциях (на примере метана полигонов ТБО). Локальные конвективные выбросы газов почвами и грунтами и их опасность для окружающей среды. Механизмы формирования и локального транспорта пузырьковых газов в обводненных почвах (рисовники, болота), не решенные и дискуссионные вопросы свободного конвективного массопереноса в почвах и грунтах. Феноменологические уравнения диффузионных и термодиффузионных потоков газообразных веществ в почвах. Понятие об эффективном коэффициенте диффузии и его зависимости от пористости аэрации для разных вариантов почвенных сред (уравнения Пенмена, Кэмпбелла, Миллингтона-Куирка, Молдрупа и др.) Расчет (прогноз) газовых потоков и аэрации по уравнениям диффузии Относительная диффузивность, ее использование в агрофизике и критические значения величины D/D_0 для роста растений. Сопряженный перенос газообразных веществ и влаги, диффузивность пара, зависимость от влажности (потенциала). Неизотермический молекулярный массоперенос, его значение для разных компонентов газовой фазы почв. Проблема конденсации почвенной влаги, роль диффузии и конвекции.

Тема 2. Биогенные источники и стоки газообразных веществ в почве

Количественная оценка биогенного выделения/поглощения газов (CO_2, O_2, CH_4, соединения азота) в почвах в полевых и лабораторных условиях; роль межфазных физических и физико-химических процессов в получении правильной информации. Способ термодесорбции газов в процессе инкубирования почвы в закрытых флаконах, расчет биогенного источника/стока и коэффициентов межфазных взаимодействий. Полевые эксперименты по термодесорбции при оценке дыхания почв. Вертикальные распределения биогенных источников/стоков в почве, их использование для расчета устойчивости органических почвенных материалов к биодеструкциии при конструировании почв. Роль газовых эмиссий почвы в оценке биодеструкционных процессов и углеродного баланса экосистем. Транспирация водяного пара растительным покровом и ее количественная оценка. Зависимость поглощения и продуцирования газообразных веществ от термодинамических условий (W, T) и других факторов внешней среды. Двойственная роль почвы как генератора и поглотителя газов и паров (на примере CO_2, CH_4, соединений азота). Необратимое связывание биогенного CO_2 почвами, значение угольной кислоты в педогенезе.

Тема 3. Количественная оценка и моделирование динамики состояний газовой фазы почв и газообмена с атмосферой

Конвективно-диффузионное уравнение массопереноса применительно к проблеме динамике газового профиля почвы. Общая форма конвективно-диффузионной модели, ретардационный фактор межфазных взаимодействий, эффективные коэффициенты массопереноса. Типичные ошибки моделирования динамики газовой фазы для трехфазных почвенных систем. Редуцированные варианты базовой модели под задачи динамики диоксида углерода, метана, соединений азота и аэрации почвы. Понятие стационарности и стационарных газовых профилей в почвах. Характерные формы стационарных газовых профилей в почвах и их физическое объяснение. Расчет стационарных газовых потоков по эффективным коэффициентам диффузии и распределениям углеродсодержащих газов (диоксид углерода, метан) в почвах и снежном покрове (метод снеговой газовой съемки). Моделирование поглощения метана и окиси углерода автоморфными почвами; поглощение и выделение микрогазов (на примере оксида азота). Аэрация гидроморфных почв и почвенных агрегатов. Соотношение эмиссии и гросс-продукции газов в почвах разного генезиса. Влияние переменных гидротермических факторов и структурной организации почвенных физических систем на динамику газовой фазы (эмпирические и процессные модели). Нестационарный газообмен; компьютерные (численные) модели газовой динамики в почвах и их развитие на современном этапе. Пространственное варьирование газовых потоков и его количественное исследование. Физически-обоснованное регулирование газового режима, газовый режим почвенных конструкций, стратегия оптимизации газовой функции почв.

Раздел 4 МЕТОДЫ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ И ДИНАМИКИ ГАЗОВОЙ ФАЗЫ ПОЧВ

Тема 1. Определение концентрации, эмиссии (поглощения) и межфазных взаимодействий газообразных веществ в почвах.

Определение концентраций (содержания) макро и микро компонентов почвенного воздуха методами газовой хроматографии и ИФК-спектроскопии. Определение дыхания почв (классические и современные подходы). Камерно-статический метод и его теория; расчет потоков по линейным и нелинейным трендам концентраций в камерах. Градиентные (микрометеорологические) методы оценки газообмена на границе почв и атмосферы. Дистанционные методы исследования газовых потоков, прямые и обратные расчетные задачи. Использование портативных универсальных газоанализаторов для определения содержания газообразных компонентов в почвах и их эмиссии (поглощения). Конструкции пробоотборников газовой фазы почв. Анализ межфазных взаимодействий (лабораторные эксперименты). Статические и динамические методы изучения сорбционные процессов. Использование газовой хроматографии (выходных кривых) для определения физико-химических свойств пористых сред. Газохроматографический динамический метод оценки изотерм сорбции и удельной поверхности в почвах; его модификация с использованием программируемого сенсора DS-1923 «гигрохрон». Термодесорбционнный анализ водоудерживающей способности и дисперсности почв и грунтов (теория метода, примеры расчетов). Лабораторные и полевые методы определения биогенной продукции и поглощения газов почвами, модификация метода инкубирования в закрытых флаконах с термодесорбцией для определения

продуцирования CO_2. Использование программируемых датчиков DS (США) «гигрохрон» и «термохрон» в физике газовой фазы почв и количественном анализе феноменологических показателей энергомассопереноса.

Тема 2. Лабораторные и полевые методы исследования транспорта газообразных веществ в почвах.

Оценка градиентов концентрации и давления, определение воздухопроницаемости и эффективных коэффициентов диффузии как функций от пористости аэрации в лабораторных условиях. Количественная оценка конвективных механизмов массопереноса и локального (преимущественного) транспорта. Полевые методы определения эффективных коэффициентов диффузии (теория, примеры расчета). Использование изотопного анализа и иных видов меток при анализе транспорта, сорбционных процессов и гросс-продукции (поглощения) газообразных веществ.

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

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

Примеры контрольных работ с тестами и работой на ПК:
КР№. _____(Ф.И.О.)

1. Для интенсивности базального дыхания почвы температурный коэффициент Q_{10}=3. Во сколько раз возрастет интенсивность дыхания при увеличении температуры с 10 до 15 ^oC (выбрать правильный ответ):

1. в 3 раза____ 2. в $\sqrt{3}$ раз____ 2. в $\sqrt{2}$ раз____

2. Средняя концентрация CO_2 в равновесной газовой фазе чернозема составила 1% в слое 0-10 см при общей пористости 50% и пористости аэрации 20%. Оценить общий запас газа в указанном слое при нормальном атмосферном давлении, температуре t=20^oC, реакции среды почвенного раствора pH=7,5 и константе Генри для сорбции CO_2 твердой фазой почвы $K_г$=10. Табличные величины при 20^oC: растворимость a=0,88, константы диссоциации угольной кислоты: $K_1=0{,}42\cdot10^{-6}$, $K_1=0{,}40\cdot10^{-10}$.

3. В камере высотой h=10см, установленной на поверхности почвы, произведены замеры концентраций CO_2:

время,с	0	5	10	15	20	25	30	35	40
C, ppm	444	455	462	473	482	495	503	520	531

Рассчитать поток CO_2 (эмиссию) в мгCO_2/(м^2 час), если температура воздуха в камере составила 18^oC, а барометрическое давление 90 кПа.

4. Распределение CO_2 в дерново-подзолистой почве УОПЭЦ МГУ «Чашниково» аппроксимировано функцией C(z)=0,83+4,2(1–exp(–7,4z), где z – глубина почвы в м, C(z) – концентрация газа в г/м^3. Считая профиль стационарным, оценить эмиссию CO_2 из

почвенной толщи в мгCO_2/(м^2 час), если эффективный коэффициент диффузии равен 0,015 м^2/час.

5. Модель динамики концентрации CO_2 в автоморфной почве (С) предполагает сочетание диффузии и функции источника, экспоненциально убывающего с глубиной при условиях постоянства концентрации в атмосфере и нулевого градиента концентрации на удалении от поверхности:

$$\Gamma\frac{\partial C}{\partial t} = D\frac{\partial^2 C}{\partial z^2} + U\exp(-bz); \quad C\big|_{z=0} = C_0; \quad \frac{\partial C}{\partial z}\Big|_{z\to\infty} = 0$$

Дано стационарное профильное распределение концентраций CO_2:

z, м	0	0,05	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1
С, г/м^3	0,6	1,3	2,1	2,6	3,1	3,2	3,3	3,3

Используя программу S-Plot, произвести аппроксимацию распределения стационарным вариантом указанной выше модели и по полученным параметрам аппроксимации рассчитать величины источника CO_2 у поверхности (U) и гросс-продукцию CO_2 всей почвенной толщей. Значение эффективного коэффициента диффузии D, взять из Ваших экспериментальных данных по практикуму в состоянии воздушно-сухой почвы.

Ответ: параметры аппроксимации C_0=_____г/м^3, a=U/Db^2_____г/м^3,

b=_____м$^{-1}$, U=_____г/м^3/час, U_∞=_____мг/м^2/час

6. Используя программу Matlab и модель из предыдущей задачи с полученными в ней параметрами, воспроизвести динамику газового профиля и оценить время его выхода на равновесное (стационарное) состояние. Ретардационный фактор Г считать равным 1.

Примерный список тем для докладов, рефератов, и онлайн-дискуссий:

1. Дыхание почвы, (количественные придержки, контролирующие факторы, суточная и сезонная изменчивость, зональность).
2. Состав почвенного воздуха в сравнение с атмосферным.
3. Глобальная экологическая газовая функция почв, ее количественная оценка.
4. Дискуссионные вопросы количественной оценки и моделирования углеродного газообмена почв и атмосферы.
5. Агроэкологические критерии состояния, функционирования и продуктивности почв на базе информации о газовой фазе.
6. Фундаментальные модели абиотических межфазных взаимодействий в почвах.
7. Термодесорбционный метод оценки ОГХ и удельной поверхности в дисперсных системах.
8. Роль межфазных взаимодействий в количественной оценке биогенных источников и стоков газообразных веществ в почве.
9. Молекулярные и конвективные физические механизмы распределения газов и паров в почвах, их сравнительный анализ, нерешенные вопросы.
10. Всегда ли диффузия - основной механизм массопереноса в почвах и грунтах. термодиффузия газов и паров в почвах?
11. Динамические (проточные) методы оценки межфазных взаимодействий в почвах, их преимущества перед адсорбционно-статическим анализом.

12. Использование программируемых датчиков DS (США) «гигрохрон» и «термохрон» для количественной оценки содержания, сорбции паров воды и феноменологических показателей энергомассопереноса в почвах.

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

1. Принципы количественного описания физических систем применительно к почвам.
2. Качественный состав почвенного воздуха. Макро и микрокомпоненты.
3. Дыхание почвы, эмиссия CO_2, факторы, влияющие на эмиссию.
4. Камерно-статический метод оценки газообмена почв и атмосферы (теория, виды трендов концентраций и их моделей, примеры расчетов)
5. Оценка глобального вклада почв в производство CO_2.
6. Парниковые газы (содержание, интенсивности поглощения-выделения в почве).
7. Загрязняющие микрогазы и пары (содержание, интенсивности продуцирования и поглощения).
8. Оценка глобальной роли почвенного покрова в регуляции состава и состояния атмосферы.
9. Показатели состояния газовой фазы в почвенной физической системе (пористость, пористость аэрации, объемные проценты и концентрации, термодинамический потенциал).
10. Фундаментальное термодинамическое уравнение потенциала газообразного компонента и его вывод на основе начал термодинамики (на примере паров воды).
11. Фундаментальная зависимость термодинамического потенциала от температуры и ее применение для оценки дисперсности почв (вывод на основе уравнения Клаузиуса-Клапейрона).
12. Двухфазная система (жидкость-газ). Термодинамический и кинетический подходы к ее описанию.
13. Взаимодействие CO_2 с почвенным раствором; карбонатно-кальциевое равновесие.
14. Взаимодействие газов и паров с поверхностями (адсорбция). Линейная (Генри), мономолекулярная (Ленгмюр), кинетическая модель сорбции и вывод уравнения Ленгмюра.
15. Модели полимолекулярной сорбции (БЭТ, ГАБ), понятие емкости монослоя и его использование для определения удельной поверхности дисперсных сред.
16. Современные физически-обоснованные модели изотерм сорбции паров воды почвами.
17. Процессы конденсации. Уравнение Кельвина, классификация пор по Дубинину. Гистерезис изотерм поглощения паров почвами.
18. Биогенные источники и стоки газообразных веществ в почвах, их количественная оценка, роль межфазных взаимодействий.
19. Зависимость поглощения и продуцирования газообразных веществ от термодинамических условий (W, T) и других факторов внешней среды.
20. Вертикальные распределения биогенных источников/стоков в почве, их использование для расчета устойчивости органических почвенных материалов к биодеструкциии при конструировании почв.
21. Феноменологические уравнения (модели) молекулярного и конвективного массопереноса.
22. Воздухопроницамость и ее связь с пористостью аэрации в почвах и грунтах.
23. Расчет конвективных потоков в почвах и почвенных конструкциях (на примере метана полигонов ТБО). Локальные конвективные выбросы газов почвами и грунтами и их опасность для окружающей среды.

24. Феноменологические уравнения диффузионных и термодиффузионных потоков газообразных веществ в почвах. Понятие об эффективном коэффициенте диффузии и его зависимости от пористости аэрации для разных вариантов почвенных сред
25. Неизотермический молекулярный массоперенос, его значение для разных компонентов газовой фазы почв.
26. Проблема конденсации почвенной влаги, роль диффузии и конвекции.
27. Конвективно-диффузионное уравнение массопереноса применительно к проблеме динамике газового профиля почвы.
28. Стационарные профили концентраций газообразных веществ в почве; оценка параметров в системе нелинейной аппроксимации данных S-Plot. Модель вертикального распределения CO_2.
29. Кинетические модели профильного распределения газов, поглощаемых почвой (O_2 , CH_4). Стационарные профильные распределения, расчеты гросс поглощения и поверхностных потоков.
30. Кинетические модели микрогазов с точкой компенсации.
31. Расчет стационарных газовых потоков по эффективным коэффициентам диффузии и распределениям углеродсодержащих газов (диоксид углерода, метан) в почвах и снежном покрове (метод снеговой газовой съемки).
32. Нестационарный газообмен; компьютерные (численные) модели газовой динамики в почвах и их развитие на современном этапе. Численные решения моделей динамики газов и паров в почвах. Расчет интенсивности выделения газов методом синхронных профилей.
33. Методы исследования содержания газов и паров в почвах (отбор образцов, транспорт, анализ в лаборатории).
34. Камерные методы исследования эмиссии/поглощения газов и паров почвами (принцип метода закрытых камер, расчет потоков по линейным трендам концентраций на примере CO_2, CH_4, CO).Неизотермический перенос (термодиффузия).
35. Некоторые перспективные методы исследования газовой фазы 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	**2**	**3**	**4**	**5**

оценочных средств				
Знания Виды оценочных средств: контрольные работы.	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
Умения Виды оценочных средств: написание и защита рефератов на заданную (дискусииионную) тему	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности непринципиального характера)	Успешное и систематическое умение

9. **Ресурсное обеспечение:**

- Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература:

Смагин А.В. Газовая фаза почв. М.: Изд-во Моск. ун-та. 1999, 2005. 301 с. Шифр: 3УБ5, С-500; http://docplayer.ru/32013004-A-v-smagin-gazovaya-faza-pochv.html
Смагин А.В. Молекулярные межфазные взаимодействия газов и паров в почвах: учеб. пособие. МГУ им. М. В. Ломоносова. М. : Юстицинформ, 2020. Шифр: 3УБ5, С-500
Смагин А. В. Почвенные режимы функционирования и их мониторинг: учеб. пособие МГУ им. М. В. Ломоносова. М. : Юстицинформ, 2020 . Шифр: 3УБ5, С-500
Теории и методы физики почв. М.: Гриф и К, 2007. 616с. Шифр: 3УБ5, Т-338
Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии. М.: Химия, 1989; М. : Альянс, 2009 Шифр: 3ЕН, Ф-912 ; http://en.bookfi.net/book/636291

Дополнительная литература.

Смагин А.В. Теория и практика конструирования почв. М.: Изд-во Моск. ун-та. 2012. 544 с. Шифр: 3УБ, С-500 ; http://padabum.com/d.php?id=47703
Бабьева И.П., Зенова Г.М. Биология почв. М.: Изд-во Моск. ун-та., 1989. Шифр: 3УБ5, Б-129
Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почвы. М.: Агропромиздат, 1986. Шифр: 3УБ5, В-128
Глаголев М.В., Смагин А.В. Приложения MATLAB для численных задач биологии, экологии и почвоведения. М.: Изд-во Моск.ун-та, 2005, 200с. Шифр: 3Ф, Г-521
Грег С., Синг К. Адсорбция, удельная поверхность, пористость. М.: Мир, 1984. https://www.studmed.ru/greg-s-sing-k-adsorbciya-udelnaya-poverhnost-poristost_70b2343d2b6.html Шифр: 3ЕН, Г-793

- Перечень лицензионного программного обеспечения: MS EXCEL-2016, SIGMA-PLOT-7, MATLAB-7,

- Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем: https://earth.google.com/web/
- Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости): www.hydrus2d.com, http://aircondi.h1.ru/, www.tsinao.chat.ru. http://www.lib.msu.su/, http://www.bookfi.ru., http://ecokavkaz.ru/
- Описание материально-технической базы

Помещения

- лекционная потоковая аудитория, оборудованная оргтехникой (проектор, компьютер, выход в Интернет);
- машинный класс с выходом в интернет для проведения семинарских и самостоятельных занятий по компьютерному моделированию, использованию современных математических моделей в физике почв, а также подготовки студентов к промежуточной и основной форме аттестации.

Оборудование:

Для лекционной и семинарской аудиторий: необходимая оргтехника, ЭВМ, выход в интернет и др.

Для демонстрационных работ на лекциях: портативные электрохимические и ИФК-анализаторы газов и паров, лабораторные диффузиметры, автоматизированные сенсоры с программным обеспечением для гидротермического мониторинга объектов окружающей среды и пр.

10. **Язык преподавания:** русский

11. **Преподаватели:**

Лектор: Смагин Андрей Валентинович

Должность: профессор

Ученая степень: доктор биологических наук, 2004, ВАК РФ (когда и где присуждена)

Ученое звание: профессор, 2007, ВАК РФ (когда и где присуждена)

12. **Разработчик программы:**

Смагин Андрей Валентинович

Должность: профессор

Ученая степень: доктор биологических наук, 2004, ВАК РФ (когда и где присуждена)

Ученое звание: профессор, 2007, ВАК РФ (когда и где присуждена)

13. **Краткая аннотация дисциплины:**

Целью дисциплины является получение общетеоретических и специальных знаний по поведению газов и паров в почвах как динамических биокосных системах. В задачи дисциплины входят: (1) овладение методологией количественной оценки и моделирования динамических систем в потоках веществ и энергии; (2) получение знаний об агроэкологической роли газов и паров в почвах, а также о глобальной экологической газовой функции почв по отношению к атмосфере в связи с проблемами ее загрязнения и парникового эффекта; (3) получение теоретических знаний о количественных критериях и физически обоснованных моделях состояния газов и паров в почвах; (4) приобретение фундаментальных знаний об абиотических процессах межфазных взаимодействий и

транспорта газов и паров в почвах, а также закономерностях их биогенного поглощения и выделения; (5) овладение навыками количественной оценки содержания газов и паров в почве, их эмиссии (поглощения), трансформации и транспорта с использованием современных инструментальных средств количественного анализа