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:

«СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ПОЧВ»

Уровень высшего образования:

Бакалавриат

Направление подготовки (специальность):

06.03.02 Почвоведение

Направленность (профиль) ОПОП:

_____Химия 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 химия почв программы *бакалавриата* ***06.03.02 Почвоведение .***

ОС МГУ утвержден решением Ученого совета МГУ имени М.В.Ломоносова от _____ 20__ года (протокол №__).

1. **Место дисциплины в структуре ОПОП:** вариативная часть, блок профессиональной подготовки.

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

Из блока «Блок общенаучной подготовки»
Высшая математика
Физика
Общая химия
Органическая химия
Аналитическая химия
Коллоидная химия
Геология с основами геоморфологии
Из блока «Блок общепрофессиональной подготовки»
Почвоведение
Химия 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-4	Б-СПК-1.1, Б-СПК-1.2, Б-СПК-4.1, Б-СПК-4.2	*Знает:* функциональные группы на поверхности минеральных и органических почвенных частиц, строение поверхности раздела твердая фаза почвы ↔ раствор, типы изотерм адсорбции, уравнения реакций бинарного катионного обмена, закономерности сорбции почвами органических соединений, катионов и анионов. *Умеет:* прогнозировать поведение в почвах соединений элементов питания и поллютантов в зависимости от сорбционных почвенных свойств и химического состава соединений. *Владеет:* принципами построения изотерм адсорбции и расчета параметров уравнений адсорбции Ленгмюра, Фрейндлиха и Фрумкина,

		Фаулера, Гуггенхейма и принципами расчета коэффициентов селективности для реакций бинарного обмена. *Имеет опыт деятельности* построения изотерм адсорбции и расчета параметров уравнений адсорбции Ленгмюра, Фрейндлиха и Фрумкина, Фаулера, Гуггенхейма и расчета коэффициентов селективности для реакций бинарного обмена.

4. **Объем дисциплины** 3 з.е.**,** в том числе 72 академических часа на контактную работу обучающихся с преподавателем, 36 академических часов на самостоятельную работу обучающихся.

5. **Формат обучения** лекции, с использованием средств дистанционного сопровождения учебного процесса, самостоятельная работа обучающихся.

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**	Анализ литературы		**Всего**
Введение	3	2	нет	нет	нет	2	1		1
Раздел 1. Краткая история развития представлений о сорбционных свойствах почв		2	нет	нет	нет	2	1		1
Форма текущей аттестации по разделу – устный опрос									
Раздел 2. Некоторые общие понятия. Функциональные группы на поверхности твердых почвенных частиц	24	16	нет	нет	нет	16	8		8

Форма текущей аттестации по разделу – устный опрос									
Раздел 3. Современные представления о строении поверхности раздела между твердой фазой почвы и почвенным раствором	24	16	нет	нет	нет	16	8		8
Форма текущей аттестации по разделу – устный опрос									
Раздел 4. Адсорбция	36	24	нет	нет	нет	24	12		12
Форма текущей аттестации по разделу – устный опрос									
Раздел 5. Катионный обмен	18	12	нет	нет	нет	12	6		6
Промежуточная аттестация	*экзамен*						3		
Итого:	108	72					36		

Подробное содержание разделов и тем дисциплины:

РАЗДЕЛ 1. КРАТКАЯ ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВАХ ПОЧВ

Роль работ К.К.Гедройца, И.Н.Антипова-Каратаева, Н.П.Ремезова, Томаса и Уэя, В. Штамма, Г.Спозито, Д.Спаркса в создании учения о поглотительной способности почв. Понятия и термины, используемые при характеристике поглотительной способности почв.

РАЗДЕЛ 2. НЕКОТОРЫЕ ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ГРУППЫ НА ПОВЕРХНОСТИ ТВЕРДЫХ ПОЧВЕННЫХ ЧАСТИЦ.

Тема 1. Понятие об электротрицательности атомов. Концепция кислот и оснований Льюиса. Жесткие и мягкие кислоты и основания по Пирсону.

Тема 2. Глинистые минералы – источники постоянного и переменного заряда. Минералы оксидов-гидроксидов Fe и Al – источники зависимого от pH заряда.

Тема 3. Функциональные группы на поверхности специфических и неспецифических органических соединений в почвах.

РАЗДЕЛ 3. СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О СТРОЕНИИ ПОВЕРХНОСТИ РАЗДЕЛА МЕЖДУ ТВЕРДОЙ ФАЗОЙ ПОЧВЫ И ПОЧВЕННЫМ РАСТВОРОМ.

Тема 1. Строение поверхности раздела между твердыми частицами и раствором в понятиях и терминах химии координационных соединений. Типы реакций, приводящих к образованию поверхностных комплексов.

Тема 2. Электрохимические характеристики почв: точка нулевого заряда, точка нулевого чистого протонного заряда. Определение зависимости заряда поверхности от pH по результатам титрования на фоне электролита разной ионной силы. Точка нулевого солевого эффекта. Изменение электрохимических характеристик почв в процессе их эволюции.

Тема 3. Строение поверхности раздела между твердыми частицами и раствором в понятиях и терминах коллоидной химии. Модели двойного электрического слоя: Гельмгольца, Гюи-Чапмена, Штерна.

РАЗДЕЛ 4. АДСОРБЦИЯ.

Тема 1. Определение понятий сорбции, адсорбции, абсорбции, адсорбента, адсорбтива, специфической и неспецифической адсорбции. Типы взаимодействий, обеспечивающих процесс адсорбции. Методологические подходы к изучению процессов адсорбции. Уравнение Гиббса.

Тема 2. Типы изотерм адсорбции по Джайлсу. Коэффициент распределения. Уравнение Лэнгмюра. Вывод уравнения Лэнгмюра на основе закона действия масс. Уравнение Лэнгмюра в линейной форме. Уравнение Фрейндлиха. Уравнение Фрумкина-Фаулера-Гуггенхейма.

Тема 3. Роль органического вещества почв в адсорбции органических соединений. Адсорбция гидрофобных соединений. Коэффициент гидрофобности и его зависимость от растворимости. Адсорбция полярных и гидрофильных соединений почвами, реакции и механизмы их взаимодействия. Специфика органического вещества почвы как сорбента. Адсорбция нефти и нефтепродуктов почвами и некоторыми органическими и минеральными компонентами почв.

Тема 4. Адсорбция катионов. Образование внутри- и внешнесферных комплексов различных катионов на поверхности почвенных частиц. Факторы, определяющие способность катионов давать внутри- или внешнесферные комплексы и прочность связи катиона с твердой поверхностью. Ряд Ирвинга-Вильямса. Влияние pH и процессов гидролиза на адсорбцию катионов почвами. Принципы математического моделирования процесса адсорбции катионов на поверхности почвенных частиц.

Тема 5. Адсорбция анионов почвой. Образование внутри- и внешнесферных комплексов различных анионов на поверхности почвенных частиц. Зависимость адсорбции анионов от минералогического состава почвы, содержания органического вещества, величины pH, величин

констант диссоциации соответствующих кислот и присутствия в системе конкурирующих анионов.

РАЗДЕЛ 5. КАТИОННЫЙ ОБМЕН.

Тема 1. Факторы, влияющие на энергию связи катионов с поверхностью почвенных частиц. Основные нерешенные проблемы, возникающие при изучении процессов катионного обмена в почвах. Понятие о коэффициенте селективности. Изотерма непреимущественного обмена.

Тема 2. Типы изотерм катионного обмена по Д.Л.Пинскому.

Тема 3. Уравнения, используемые для расчета коэффициентов селективности: Гапона, Никольского, Вэнслоу, Гейнса-Томаса. Зависимость коэффициента селективности от доли катиона в ППК. Расчет термодинамической константы реакции катионного обмена.

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

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

1. Кислоты и основания по Льюису, параметры жесткости и мягкости кислот и оснований
2. Функциональные группы на поверхности глинистых минералов
3. Функциональные группы на поверхности гидроксидов металлов
4. Функциональные группы органических кислот в почвах
5. Изотермы адсорбции по Джайлсу
6. Параметры, характеризующие электрохимические свойства почв
7. Понятие о коэффициенте гидрофобности, связь между гидрофобностью и растворимостью органических соединений
8. Факторы, определяющие химическое сродство катионов с поверхностью почвенных частиц, ряд Ирвинга-Вильямса
9. Факторы, определяющие адсорбцию анионов почвой
10. Специфика органического вещества как сорбента.

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

1. Краткая история развития представлений о сорбционных свойствах почв. Учение К.К. Гедройца о видах поглотительной способности почв. Виды емкости катионного обмена. Закономерности изменения эффективной емкости катионного обмена в зональном ряду почв
2. Кислоты и основания по Льюису. Принцип жестких и мягких кислот и оснований
3. Глинистые минералы – источники постоянного и переменного заряда. Минералы оксидов и гидроксидов Fe и Al – источники переменного заряда
4. Функциональные группы на поверхности специфических и неспецифических органических соединений в почвах
5. Строение поверхности раздела твердая частица ↔ раствор в понятиях и терминах химии координационных соединений
6. Типы реакций образования поверхностных комплексов на поверхности твердых частиц при взаимодействии с раствором
7. Точка собственно нулевого заряда частицы, нулевого чистого протонного заряда и точка нулевого солевого эффекта. Причины возможного несовпадения точки нулевого чистого протонного заряда и точки нулевого солевого эффекта
8. Модели строения электрического слоя Гельмгольца, Гюи-Чапмена, Штерна

9. Уравнение Лэнгмюра в исходной и линейной формах. Графический метод определения максимальной адсорбции и константы Лэнгмюра. Уравнения адсорбции Фрейндлиха и Фрумкина-Фаулера-Гуггенхейма
10. Факторы, контролирующие адсорбцию гидрофобных соединений. Коэффициент гидрофобности. Зависимость между коэффициентом гидрофобности органических соединений и их растворимостью в воде
11. Адсорбция жирных кислот на гидрофобных поверхностях
12. Адсорбция полярных, гидрофильных и ионных органических соединений на твердой гидрофильной поверхности почвенных частиц
13. Специфика органического вещества почв как сорбента. Гипотеза о существовании в почвенном органическом веществе двух типов структур с разной организацией порового пространства. Адсорбция атразина образцами почв и торфа
14. Сорбция почвами водорастворимого органического вещества почвенного происхождения
15. Адсорбция алканов, декалина и ксилола образцами почв и пород. Изотерма БЭТ. Влияние влажности на сорбцию углеводородов почвами и породами. Адсорбция бензола и толуола образцами торфа и чернозема до и после удаления органического вещества и липидов. Адсорбция нафталина и нафтола на препаратах гуминовых и фульвокислот.
16. Факторы, определяющие химическое сродство катионов с поверхностью почвенных частиц. Ряд Ирвинга-Вильямса. Влияние размеров и заряда катиона, значения pH, процессов гидролиза и лигандов на адсорбцию катионов
17. Общие принципы математического моделирования адсорбции металлов и лигандов на поверхности почвенных частиц в зависимости от величины pH. Электростатическая (ССМ) и неэлектростатическая (NEM) модели.
18. Влияние адсорбции анионов на сорбционные, электрохимические и кислотно-основные буферные свойства почв
19. Факторы, влияющие на адсорбцию анионов твердой фазой почвы
20. Понятие коэффициента селективности, принципы метода его определения и расчета. Классификация форм изотерм катионного обмена по Д.Л.Пинскому
21. Вывод уравнения изотермы непреимущественного обмена для бинарного обмена катионов с одинаковой валентностью и с разной валентностью
22. Зависимость коэффициента селективности при бинарном катионном обмене от доли катиона в ППК. Графические методы расчета термодинамической константы обмена

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	**2**	**3**	**4**	**5**

средств				
Знания *устные опросы*	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
Умения *устные опросы*	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности непринципиального характера)	Успешное и систематическое умение
Навыки (владения, опыт деятельности) *устные опросы*	Отсутствие навыков (владений, опыта)	Наличие отдельных навыков (наличие фрагментарного опыта)	В целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме	Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач

9. **Ресурсное обеспечение:**

- Перечень основной и дополнительной учебной литературы

А. Основная литература

1. Гедройц К.К. Учение о поглотительной способности почв. В кн. Гедройц. Избранные сочинения. Том первый. .Москва, Гос. Издательство сельскохозяйственной литературы, 1955.
2. Орлов Д.С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. Москва, Изд. МГУ, 1990.
3. Пинский Д.Л. Ионообменные процессы в почвах. Пущино, 1997.
4. Ремезов Н.П. Почвенные коллоиды и поглотительная способность почв. Москва: Сельхозгиз, 1957.
5. Смагин А.В. Газовая фаза почв. Москва: Изд. МГУ, 2005.
6. Соколова Т.А., Дронова Т.Я., Толпешта И.И Глинистые минералы в почвах. Москва: Гриф и К, 2005.
7. Соколова Т.А., Трофимов С.Я. Сорбционные свойства почв. Адсорбция. Катионный обмен. Москва: «Университетская книга», 2009.
8. Шеин Е.В. Курс физики почв.Москва: Изд.МГУ, 2005.

Б. Дополнительная литература

1. Essington M.E. Soil and Water Chemistry. Boca Raton London New York Washington CRC Press. 2004.
2. Sparks D. L. Soil Physical Chemistry. Second Edition. Boca Raton Boston London New York Washington, CRC Press. D.C. 1999.
3. Sposito G., Clarendon The Surface Chemistry of Soils. Oxford University Press, New York, Oxford, 1984.
4. Sposito G., 1989 The Chemistry of Soils. Oxford University Press. New York Oxford.. 1989.

5. Stevenson F.J. 1994, –444 p. Humus Chemistry, Genesis, Composition, Reaction John Wiley New York. 1994.
6. Stumm W. Chemistry of the Solid-Water Interface. John Wiley & Sons, Inc.New York/Chichester/ 1992.

- Перечень лицензионного программного обеспечения
- Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем
- Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости)

Visual MINTEQ ver. 3.0. Компьютерная программа для расчета термодинамических равновесий – разделы 4, 5.

- Описание материально-технической базы

А. Помещения:

- Лекционное: аудитория, оборудованная оргтехникой (проектор, компьютер, выход в интернет)

Б. Оборудование:

Необходимая оргтехника, компьютер и др.

В. Иные материалы: не требуются.

10. **Язык преподавания: русский**

11. **Преподаватель (преподаватели):**

Толпешта Инна Игоревна
Зав.кафедой
д.б.н. (01.07.2011 МГУ имени М.В.Ломоносова)
доцент (23.05.2017 МГУ имени М.В.Ломоносова)

12. **Разработчики программы:**

Соколова Татьяна Алексеевна
профессор
д.б.н. (11.12.1981 ВАК при Совете Министров СССР)
профессор (1985 ВАК при Совете Министров СССР)

Толпешта Инна Игоревна
Зав.кафедой
д.б.н. (01.07.2011 МГУ имени М.В.Ломоносова)
доцент (23.05.2017 МГУ имени М.В.Ломоносова)

13. **Краткая аннотация дисциплины:**

В курсе рассматриваются природа сорбционных центров на поверхности органических и минеральных компонентов твердой фазы почв, строение поверхности раздела твердая фаза почвы ↔ почвенный раствор, механизмы поглощения почвами различных соединений, в том числе соединений элементов питания и загрязняющих веществ; дается вывод математических уравнений, используемых при описании процессов адсорбции и катионного обмена.