

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
профессионального образования
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
факультет Почвоведения

УТВЕРЖДАЮ
и.о. декана П. В. Красильников

_____ /

« » _____ 202 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины:

«ВОДОРАСТВОРИМОЕ ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО ПОЧВ»

Уровень высшего образования:

Магистратура

Направление подготовки (специальность):

06.04.02 Почвоведение

Направленность (профиль) ОПОП:

Химия почв

Форма обучения: очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией
факультета почвоведения (протокол № _____, дата _____)

Москва 2021

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки **06.04.02 Почвоведение** программы **магистратуры**.

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

1. Место дисциплины в структуре ОПОП: вариативная часть, блок профессиональной подготовки, по выбору, спецкурс.

2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия:

Базовая часть. «Блок общенаучный»:

высшая математика, физика, общая химия, органическая химия, аналитическая химия, физическая химия, математическая статистика

«Блок общепрофессиональный»: почвоведение, химия почв

Вариативная часть. Блок профессиональный.

Практикум по химии 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
М-СПК-4	М-СПК-4.1, М-СПК-4.2	Знает: состав, свойства и функциональные роли различных групп водорастворимых органических веществ (ВОВ) в почвах; современные методы получения, разделения и исследования ВОВ; набор подходов, критериев и общий алгоритм оценки миграции органических веществ в почвах и ландшафте; способы расчета и прогноза отдельных составляющих потоков углерода в биосфере. Умеет: получать, обрабатывать и анализировать информацию о свойствах растворимых органических веществ для оценки экологического состояния почв. Проводить оценку и определять изменения почв с использованием данных о составе и динамике растворимых органических веществ. Владеет: подходами к организации отбора проб жидкой фазы почв в лабораторных и полевых условиях. Методами получения, извлечения и исследования ВОВ почв и вод. Имеет опыт деятельности: составление алгоритмов получения и физико-химического анализа ВОВ для оценки состояния почв. Анализа и интерпретации информации о свойствах растворимых органических веществ для характеристики экологического состояния почв

4. Объем дисциплины 2 з.е. в том числе 24 академических часа на контактную работу обучающихся с преподавателем, 29 академических часов на самостоятельную работу обучающихся.

5. Формат обучения лекции, семинарские занятия, самостоятельная работа (*отметить, если дисциплина или часть ее реализуется с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий*)

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	Занятия семинарского типа (лабораторные)	Занятия семинарского типа (практические)	Всего	Анализ литературы, предоставленных преподавателем материалов, решение кейса	Подготовка докладов и/или презентаций	Всего
Раздел 1. Терминологический аппарат. Природа, состояние и формы влаги в почве. Связь между формами влаги, размером пор и водорастворимым органическим веществом почвы	11	3	2			5	4		4
Форма текущей аттестации по разделу	<i>Коллоквиум, обсуждение на семинаре</i>								
Раздел 2. Методы выделения, очистки, разделения и анализа ВОВ почв	7	2	1			3	4		4
Форма текущей аттестации по разделу 2	<i>Контрольная работа, опрос</i>								
Раздел 3. Вещественный и фракционный состав водорастворимых	11	2	3			5	2	2	2

органических веществ и их роль в почвах									
Форма текущей аттестации по разделу 3	<i>Коллоквиум, доклады с презентациями</i>								
Раздел 4. Образование водорастворимых органических веществ почв, трансформация в почве, закономерности, продукты, процессы. Сорбция, минерализация. Устойчивость ВОВ к разложению.	13	4	2			6	3	4	7
Форма текущей аттестации по разделу 4	<i>Коллоквиум, доклады с презентациями</i>								
Раздел 5. ВОВ и загрязнение почвы тяжелыми металлами и органическими токсикантами. ВОВ антропогенного происхождения	11	1	4			5	6		6
Форма текущей аттестации по разделу 5	<i>Обсуждение, опрос</i>								
Промежуточная аттестация	<i>зачет</i>						4		
Итого:	53	24					29		

Подробное содержание разделов и тем дисциплины:

РАЗДЕЛ 1. ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКИЙ АППАРАТ. ПРИРОДА, СОСТОЯНИЕ И ФОРМЫ ВЛАГИ В ПОЧВЕ. СВЯЗЬ МЕЖДУ ФОРМАМИ ВЛАГИ, РАЗМЕРОМ ПОР И ВОДОРАСТВОРИМЫМ ОРГАНИЧЕСКИМ ВЕЩЕСТВОМ ПОЧВЫ.

Номенклатура и терминология в англо- и русскоязычной литературе. Понятия «водорастворимое органическое вещество почвы», «жидкая фаза» почв, почвенный раствор и др. Водорастворимое (ВОВ) и растворенное (РОВ) органическое вещество в почвах. Неоднородность состава жидкой фазы почвы и ее причины. Субъективные и объективные факторы, влияющие на состав и концентрацию веществ в жидкой фазе почвы. Почва как структурированная пористая матрица. Основные фракции влаги в почве. Пленочная, капиллярная и гравитационная влага, их распределение в почвенной матрице, силы удерживания. Понятие матричного потенциала (капиллярно-сорбционного давления) влаги в почве. Связь матричного потенциала и размера пор. Влияние влагосодержания, способа извлечения жидкой фазы на ее состав. Водорастворимые органические вещества почвы разных фракций почвенной влаги. Классификация РОВ по A.Zsolnay (1996) в зависимости от силы удерживания фракции влаги и размера пор. Основные свойства классов (фракций) РОВ, присутствующих в почве в растворах из пор разного размера: подвижность, устойчивость к биодеструкции и др.

Природа влияния пористости почв на химический состав содержащейся в них влаги. Особенности газо- и влагообмена в порах разного размера. Распределение микроорганизмов в поровом пространстве почв. Окислительно-восстановительные процессы, вещественный состав газовой, твердой и жидкой фаз пор разного размера. Поверхностные явления на границах раздела фаз, особенности фазовых равновесий, их влияние на состав разных фракций почвенного раствора.

РАЗДЕЛ 2. МЕТОДЫ ВЫДЕЛЕНИЯ, ОЧИСТКИ, РАЗДЕЛЕНИЯ И АНАЛИЗА ВОДОРАСТВОРИМОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОЧВ.

Способы выделения из почв растворов, содержащих водорастворимые органические вещества. Водные и солевые вытяжки, условия экстракции (время, соотношение фаз, температура и др.), динамическая и статическая экстракции, классы получаемых ВОВ. Возможности получения отдельных классов ВОВ в лабораторных и полевых условиях. Центрифугирование, прессование, вытеснение несмешивающимися жидкостями. Вакуумная и гравитационная лизиметрия, их виды, методология, применяемое оборудование. Интерпретация данных анализа ВОВ, полученных с помощью вытяжек и лизиметрических методов, артефакты и ошибки, способы их устранения.

Методы исследования водорастворимого органического вещества почв. Извлечение ВОВ из раствора для их анализа. Концентрирование: обратный осмос, вакуумная сушка, вымораживание (лиофильная сушка), высаливание. Сорбция (твердофазная экстракция) ВОВ из растворов. Сорбция и фракционирование ВОВ. Разделение на группы специфических и неспецифических соединений. Фракционирование по гидрофобности. Метод Форсита, схема Леенхеера, методика IHNS (1985). Метод сорбционных лизиметров для разделения РОВ в натуральных условиях. Основные группы сорбентов. Сорбция на гидрофобизированных матрицах (гелях агарозы, гелях на основе полиакрила и полистирола (смолы XAD)). Активированный уголь, силикагель, оксид алюминия. Принципы разделения, основные методические подходы, способы увеличения селективности разделения, элюенты, влияющие факторы. Специальные методы извлечения (концентрирования): выпаривание, применение водоотнимающих средств, экстракция неполярными растворителями, дистилляция. Методы очистки РОВ: диализ, применение гель-сефадексов, катионообменных смол. Инструментальные методы исследования структуры и свойств ВОВ. ИК-спектromетрия, ЯМР-спектromетрия, пиролиз-ГХ-МС, элементный анализ, титриметрический анализ. Возможности, пробоподготовка, требования к препарату. Анализ растворов ВОВ без специальной пробоподготовки. Молекулярная UV-Vis и люминесцентная спектromетрия, хроматографические методы, хромато-масс-спектromетрия: основные возможности, ограничения.

РАЗДЕЛ 3. ВЕЩЕСТВЕННЫЙ И ФРАКЦИОННЫЙ СОСТАВ ВОДОРАСТВОРИМЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ И ИХ РОЛЬ В ПОЧВАХ.

Виды классификации ВОВ и соответствующие методы анализа. Молекулярные массы, заряд, полярность, химический класс, гумусовая/индивидуальная природа ВОВ почв и природных вод. Основные группы соединений в составе ВОВ. Аминокислоты, содержание, состав, функции в почве.

Углеводы, содержание, состав, функции в почве. Информативные показатели. Низкомолекулярные органические кислоты (НМОК). Качественный состав, содержание. Функции НМОК в почве: участие в выветривании минералов, выносе обменных катионов из почв. Фенольные соединения: низкомолекулярные и высокомолекулярные растворимые фенольные соединения (РФС). Качественный состав, содержание, роль. Участие РФС и аминокислот в реакциях гетерофазной полимеризации при образовании гумусовых кислот. Вещества гумусовой природы: гуминовые и фульвокислоты почвенных растворов.

Разделение ВОВ по кислотно-основным и гидрофильно-гидрофобным свойствам. Гидрофильные (ГФЛ) и гидрофобные (ГФБ) фракции ВОВ. Состав и качественные отличия ГФЛ и ГФБ фракций, соотношение в почвенных и других природных водах.

Структурно-функциональная роль ВОВ в почвах и экосистемах. Современные подходы к исследованию роли ВОВ. Перспективы и актуальные проблемы.

РАЗДЕЛ 4. ОБРАЗОВАНИЕ ВОДОРАСТВОРИМЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ ПОЧВ, ТРАНСФОРМАЦИЯ В ПОЧВЕ, ЗАКОНОМЕРНОСТИ, ПРОДУКТЫ, ПРОЦЕССЫ. СОРБЦИЯ И МИНЕРАЛИЗАЦИЯ. УСТОЙЧИВОСТЬ ВОВ К РАЗЛОЖЕНИЮ.

Источники поступления ВОВ в почвы. Природные источники. Состав ВОВ различного происхождения (атмосферные осадки, подкроновый сток, опад, лесная подстилка). Закономерности мобилизации ВОВ из растительного опада при его разложении, влияние вещественного состава опада на состав ВОВ. Трансформация ВОВ в почве при вертикальной миграции. Основные процессы (сорбция, полимеризация и осаждение из раствора, минерализация) и закономерности изменения количества и состава ВОВ по профилю почв. Потоки ВОВ в лесных экосистемах.

Сорбция ВОВ твердой фазой как механизм сохранения углерода в почвах. Закономерности сорбции ВОВ твердыми фазами. Селективность сорбции. Влияние минералогического состава почвы. Роль гидроксидов железа как основных агентов связывания ВОВ почв. Механизмы сорбции (лигандный и анионный обмен, образование поверхностных комплексов; мостиковые и водородные связи; межмолекулярные, гидрофобные взаимодействия). Влияние структуры минералов; состава, строения, стереометрии, функциональных групп ВОВ на органо-минеральное взаимодействие и прочность образуемых соединений. Влияние pH на поглощение ВОВ почвами и его причины. Влияние гранулометрического состава и порозности почв на сорбцию и прочность закрепления сорбируемых ВОВ.

Стабилизация ВОВ в почве, влияние на запасы гумуса и глобальный цикл углерода. Устойчивость органических веществ к биодеструкции, ее возможные причины и виды. Влияние происхождения, молекулярной структуры, элементного состава и условий среды (физическая недоступность, гидротермические условия и пр.) на устойчивость. Устойчивость растворенных и сорбированных органических веществ. Изучение устойчивости ВОВ с помощью кривых динамики минерализации. Постановка экспериментов для изучения растворенных ОВ и сорбированных почвой ВОВ. Биэкспоненциальная модель, ее параметры. Константы скоростей минерализации, соотношение лабильных и стабильных фракций, время существования. Корреляции устойчивости ВОВ и его физико-химических свойств. Возможности прогнозирования относительной устойчивости ВОВ по коэффициентам экстинкции и гумификации, степени гидрофобности. Прогнозирование потенциальной способности почв к запасанию органического углерода в минеральных горизонтах на основании изученных закономерностей поглощения ВОВ в почвах.

РАЗДЕЛ 5. ВОВ И ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВЫ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ И ОРГАНИЧЕСКИМИ ТОКСИКАНТАМИ. ВОВ АНТРОПОГЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ.

Роль ВОВ в связывании, миграции и аккумуляции соединений тяжелых металлов. Устойчивость, подвижность, токсичность растворимых органических комплексов тяжелых металлов. Источники и состав растворимых органических веществ антропогенного происхождения. Сорбция пестицидов, ПАУ, нефтяных углеводородов и других органических поллютантов растворимыми органическими веществами почв. Влияние на свойства почвы, токсичность, миграционная способность. Возможные пути и продукты трансформации. Аналитическое определение, оценка экологической опасности.

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

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

Рекомендуемые темы рефератов и презентаций:

1. Формы воды в почве и природа присутствующего в них органического вещества
2. Неоднородность распределения микроорганизмов и ее влияние на свойства почв
3. Фракционный состав водорастворимых органических веществ почвы
4. Способы получения и исследования органического почвенных растворов
5. Экосистемные функции водорастворимых органических веществ почвы
6. Роль водорастворимых органических веществ в почвообразовательных процессах
7. Участие ВОВ почвы в глобальном цикле углерода
8. Глобальные изменения климата, их влияние на продукцию и устойчивость растворимых органических соединений углерода почв.
9. Использование электронной спектроскопии при анализе водорастворимых органических веществ почв и природных вод
10. Современные достижения инструментальных методов исследования структуры водорастворимых органических веществ почвы
11. Сорбционные лизиметры как метод стационарных исследований потоков углерода в почвах
12. Роль растворимых фенольных соединений в почвах.
13. Роль низкомолекулярных органических кислот в почвах.
14. Потоки углерода в лесных экосистемах.
15. Влияние методов получения из почв водорастворимых органических веществ на их состав и свойства.
16. Влияние состава растительного сообщества на состав водорастворимых органических веществ почв
17. Трансформации водорастворимых органических веществ в почве
18. Процессы, контролирующие продукцию и миграцию растворимых соединений органического углерода в лесных экосистемах
19. Загрязняющие вещества органической природы. Поступление и влияние на свойства почвы.
20. Роль растворимых гумусовых веществ в миграции и перераспределении соединений тяжелых металлов
21. Перенос органических поллютантов с участием растворимых органических веществ почв
22. Трансформация природных ВОВ при хлорировании вод.

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

1. Различие понятий ВОВ и РОВ, причины неоднородности пула органического вещества жидкой фазы.
2. Какие методические приемы используют для получения, концентрирования и очистки водорастворимых органических соединений?
3. Различие свойств РОВ разных фракций жидкой фазы почв
4. Как и почему отличаются по устойчивости к окислению РОВ разных фракций жидкой фазы почв
5. Принцип метода сорбционных лизиметров. Природа используемых сорбентов и элюентов. Сорбируемые вещества.
6. Принцип метода фракционирования водорастворимых органических соединений на смолах типа XAD.

7. Влияние экспериментальных условий на результат фракционирования водорастворимых органических соединений.
8. Принцип градиентного элюирования при фракционирования водорастворимых органических соединений почв.
9. Состав и свойства гидрофильной и гидрофобной фракций ВОВ, получаемых при фракционировании на смолах ХАД.
10. Групповой состав соединений ВОВ почв.
11. Роль различных классов химических веществ, составляющих пул ВОВ почв, в почвенно-химических процессах.
12. Природа и эффективность действия низкомолекулярных органических кислот на минеральные фазы почвы.
13. Трансформации потока ВОВ в процессе внутрипочвенной миграции
14. Функции растворимых органических веществ в почвах
15. Источники и состав ВОВ, поступающих в почвы
16. Общие закономерности мобилизации растворимых органических веществ из растительных остатков при их разложении
17. Влияние видового состава растительности, степени разложения опада и сезона пробоотбора на состав продуцируемых растворимых органических веществ.
18. Сорбция ВОВ почвами. Изотермы сорбции, селективность.
19. Механизмы сорбции ВОВ почвами. Специфика сорбции на разных фазах.
20. Факторы, влияющие на сорбцию ВОВ в почвах.
21. Механизмы биохимической устойчивости водорастворимых органических веществ почвы
22. Кинетический подход к описанию скоростей минерализации ВОВ почвы.
23. Минерализуемость ВОВ почвы в растворе и после их сорбции твердой фазой
24. Влияние глобального потепления климата на потоки ВОВ в почве и ландшафте.
25. Водорастворимые органические вещества антропогенного происхождения. Поступление и влияние на свойства почвы.
26. Роль природных органических веществ в трансформации соединений тяжелых металлов в почвах
27. Влияние растворенных органических веществ на сорбцию пестицидов почвами
28. Трансформация природных ВОВ при хлорировании вод.

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 и соответствующие виды оценочных средств	2	3	4	5

Знания (устные и письменные опросы и контрольные работы)	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
Умения практические контрольные задания (кейсы), доклады на заданную 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
Навыки (владения, опыт деятельности) Решение практических кейсов	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

Основная

Трофимов С.Я., Караванова Е.И. Жидкая фаза почв. М.: Университетская книга. 2009

Караванова Е.И. Водорастворимые органические вещества (ВОВ): фракционный состав и возможности их сорбции твердой фазой лесных почв. Ж. Почвоведение. 2013. №8

Кауричев И. С., Яшин И. М., Черников В. А. Теория и практика метода сорбционных лизиметров в экологических исследованиях. М.: МСХА.1996

Соколова Т.А., Трофимов С.Я. Сорбционные свойства почв. Адсорбция. Катионный обмен: учебное пособие по некоторым главам химии почв. – Тула: Гриф и К. 2009

Остерман Л.А. Хроматография белков и нуклеиновых кислот. М.: Наука.1985

Kaiser K., Kalbitz K. Contribution of dissolved organic matter to carbon storage in forest mineral soil. Plant Nutrition and Soil Science, 2008. V.171

Kaiser K., Zech W. Competitive sorption of DOM fractions to soils and related mineral phases. Soil Sci.Soc. America Journal. 1997. V. 61

Kalbitz K., Schmerwitz J., Schwesig D., Matzner E. Biodegradation of soil-derived DOM as related to its properties. Geoderma. 2003. V. 113

Matilainen A., Gjessing E.T, Lahtinen T., Hed L., Bhatnagar A., Sillanpää M. An overview of the methods used in the characterization of natural organic matter (NOM) in relation to drinking water treatment Chemosphere. 2011. V. 83

Дополнительная

Qualls, R.G., Haines, B.L.Biodegradability of DOM in forest throughfall, soil solution, and stream water. Soil Sci. Soc. Am. J. 1992. V.56.

Raber B., Kogel-Knabner I. Influence of origin and properties of DOM on the partition of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs). European Journal of Soil Science.1997 . V.48

Qing Ding, Hai Lang Wu, Yun Xu, Li Juan Guo, Kai Liu, Hui Min Gao, Hong Ya. Impact of low molecular weight organic acids and DOM on sorption and mobility of isoproturon in two soils. Journal of Hazardous Materials. 2011. V. 190

- Перечень лицензионного программного обеспечения
Microsoft Office PowerPoint
- Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем
<https://scholar.google.com/>
<https://cyberleninka.ru/>
<https://www.elibrary.ru/defaultx.asp>
<https://www.sciencedirect.com/>
- Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости)
- Описание материально-технической базы

Помещения:

- учебная аудитория для проведения лекционных занятий и семинарских занятий, оборудованная оргтехникой;

Оборудование:

- необходимая оргтехника (ЭВМ, проектор и др.);

Иные материалы:

- демонстрационные материалы.

10. Язык преподавания: русский

11. Преподаватель:

ФИО Караванова Елизавета Ильинична

Должность доцент

Ученая степень (когда и где присуждена) к.б.н., 1991, Москва, МГУ

Ученое звание (когда и кем присвоено) доцент, 2005, Москва, МГУ

12. Разработчик программы:

ФИО Караванова Елизавета Ильинична

Должность доцент

Ученая степень (когда и где присуждена) к.б.н., 1991, МГУ

Ученое звание (когда и кем присвоено) доцент, 2005, МГУ

13. Краткая аннотация дисциплины:

Рассматриваются понятия водорастворимого (ВОВ) и растворенного (РОВ) органического вещества почвы, причины неоднородности РОВ в почве, классификация фракций РОВ в связи с состоянием и формами влаги в почве, свойства и специфика фракций. Анализируется природа влияния пористости почв на химический состав содержащейся в них влаги. Представлен обзор методов выделения, очистки, разделения и анализа водорастворимого органического вещества почв, особенности интерпретации данных, полученных разными методами, рассматриваются причины артефактов и ошибок, способы их устранения. Представлены существующие подходы к классификациям ВОВ, данные об их вещественном и фракционном составе, рассматривается структурно-функциональная

роль в почвах и экосистемах. Представлены типичные источники поступления ВОВ, закономерности их мобилизации из растительного опада и последующей трансформации в почве. Рассмотрены механизмы сорбции ВОВ твердой фазой, закономерности минерализации, факторы влияния, значение этих процессов и вклад в глобальный цикл углерода. Рассмотрено влияние ВОВ на поведение в почве неорганических и органических токсикантов