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:

«РАСЧЕТ КРИТИЧЕСКИХ НАГРУЗОК ПОЛЛЮТАНТОВ НА ЭКОСИСТЕМЫ»

Уровень высшего образования:

Бакалавриат

Направление подготовки (специальность):

05.03.06 Экология и природопользование

Направленность (профиль) ОПОП:

Экологический менеджмент и экобезопасность

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 Экология и природопользование программы *бакалавриата* ***05.03.06 Экология и природопользование.***

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

1. **Место дисциплины в структуре ОПОП:** *относится к вариативной части ОПОП, блок профильный.*

2. **Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия:**
БАЗОВАЯ ЧАСТЬ Блок математической и естественно-научной подготовки
Математика
Биология
Химия
Блок «Общепрофессиональный»
Модуль «Землеведение»
Почвоведение
ВАРИАТИВНАЯ ЧАСТЬ плана
Общая химия
Основы почвоведения

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-ПК-1 Б-ПК-3 Б-СПК-2 Б-СПК-3	Б-ПК-1.1 Б-ПК-3.1 Б-СПК-2.1 Б-СПК-2.2 Б-СПК-3.1 Б-СПК-3.2	*Знает методологические подходы к определению эмпирических критических нагрузок по азоту и к расчету критических нагрузок соединений серы и азота на наземные и водные экосистемы.* *Умеет оценивать превышение критических нагрузок.* *Владеет навыками оценки критических нагрузок с использованием модели SBM.* *Имеет опыт деятельности по оценке критических нагрузок с использованием модели SBM.*

4. **Объем дисциплины** 2 з.е.**,** в том числе 36 академических часов на контактную работу обучающихся с преподавателем, 36 академических часов на самостоятельную работу обучающихся.

5. **Формат обучения** лекции, с использованием средств дистанционного сопровождения учебного процесса, семинарские занятия, 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**
Раздел 1. Концепция критических нагрузок и критических уровней	4	2	нет	нет	нет	2	2		2
Форма текущей аттестации по разделу – устный опрос									
Раздел 2. Влияние избытка соединений азота, серы и тяжелых металлов на наземные и акваэкосистемы	16	4	4	нет	нет	8	8		8
Форма текущей аттестации по разделу – доклад с									

презентацией									
Раздел 3 Критические нагрузки соединений серы и азота в отношении эффектов подкисления и эвтрофикации.	28	6	8	нет	нет	14	14		14
Форма текущей аттестации по разделу – устный опрос									
Раздел 4. Критические нагрузки тяжелых металлов	20	4	6	нет	нет	10	10		10
Форма текущей аттестации по разделу – устный опрос									
Тема 5. Динамическое моделирование (введение в проблему).	4	2	нет	нет	нет	2	2		2
Форма текущей аттестации по разделу – устный опрос									
Промежуточная аттестация	*зачет*						5		
Итого:	72	36					36		

Подробное содержание разделов и тем дисциплины:

РАЗДЕЛ 1. КОНЦЕПЦИЯ КРИТИЧЕСКИХ НАГРУЗОК И КРИТИЧЕСКИХ УРОВНЕЙ.

Конвенция Экономической комиссии ООН в Европе по трансграничному загрязнению воздуха на большие расстояния. Определение понятия «критическая нагрузка». Различия и сходства методологических подходов, используемых при разработке концепций ПДК и критических нагрузок. Понятие о превышении критической нагрузки. Международная программа сотрудничества по моделированию и картированию критических нагрузок.

РАЗДЕЛ 2. ВЛИЯНИЕ ИЗБЫТКА СОЕДИНЕНИЙ АЗОТА, СЕРЫ И ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА НАЗЕМНЫЕ И АКВАЭКОСИСТЕМЫ

Круговорот азота. Трансформация соединений азота в атмосфере, в водоемах и в почве. Основные эффекты, наблюдаемые в экосистемах при воздействии излишних количеств азота: подкисление и эвтрофикация.

Круговорот серы. Трансформация соединений серы в атмосфере, в водоемах и в почве. Эффект подкисления.

Понятие о кислотонейтрализующей способности.

Основные пути трансформации соединений свинца, кадмия и ртути антропогенного происхождения в наземных и аквасистемах и факторы их определяющие.

РАЗДЕЛ 3. КРИТИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ СОЕДИНЕНИЙ СЕРЫ И АЗОТА В ОТНОШЕНИИ ЭФФЕКТОВ ПОДКИСЛЕНИЯ И ЭВТРОФИКАЦИИ.

Эмпирические критические нагрузки. Классификация рецепиентных групп экосистем и классификация сред обитания EUNIS для Европы. Диапазоны эмпирических критических нагрузок азота для естественных и слабоизмененных наземных экосистем. Рекомендации по выбору величины эмпирической критической нагрузки по азоту в пределах рекомендуемого диапазона в зависимости от климатических условий, влажности почвы, доступности оснований, интенсивности хозяйственного использования. Диапазоны критических нагрузок в отношении эффектов подкисления для почв разного минералогического состава. Факторы, влияющие на выбор величины критической нагрузки в пределах выбранного диапазона. Группировка минералов Свердрупа и Варфинге по скорости растворения. Использование данных о скоростях выветривания минералов для определения эмпирических критических нагрузок в отношении эффектов подкисления.

Расчет критических нагрузок для наземных экосистем. Модель, основанная на уравнении материального баланса (Simple Mass Balance, SMB). Допущения, принятые в модели SBM. Исходные данные для расчета по модели SBM.

Использование модели SMB для расчета критической нагрузки наземных экосистем по азоту в отношении эффектов эвтрофикации. Понятие о допустимых уровнях выщелачивания азота. Источники данных для расчета по модели SBM: ежегодный уровень иммобилизации, потребления растениями и денитрификации азота; количество осадков, ежегодно просачивающихся за пределы корнеобитаемой зоны.

Использование модели SMB для расчета критической нагрузки наземных экосистем в отношении эффектов подкисления. Уравнения материального баланса для соединений азота и серы. Введение поправки на содержание сульфата, попадающего в атмосферу за счет импульверизации солей. Понятие о максимальной критической нагрузке по сере и азоту и минимальной критической нагрузке по азоту. Расчет кислотнейтрализующей способности почвенного раствора. Понятие о критическом значении снижения кислотонейтрализующей способности. Функции критической нагрузки экосистем в отношении эффектов подкисления. Расчет критического значения кислотнейтрализующей способности с использованием активностей H^+ и Al^{3+} и константы реакции растворения гиббсита. Критерии для расчета критического значения кислотонейтрализующей способности (критическая концентрация алюминия,

критическое отношение катионы-основания/ алюминий, критическая скорость мобилизации алюминия; критическое значение pH, критическое отношение катионы-основания/протон) и принцип их выбора. Понятие о критической величине насыщенности основаниями. Использование уравнений Гапона и Гейнса-Томаса для определения критического значения pH и кислотонейтрализующей способности. Источники данных для расчета критических нагрузок в отношении эффектов подкисления по модели SBM: величины константы равновесия реакции растворения гиббсита в почвах с разным содержанием органического вещества; группировка почв по скорости растворения в них минералов в зависимости от гранулометрического и минералогического почвообразующей породы; уравнение для расчета скорости растворения минералов в почвах.

Расчет критических нагрузок в отношении эффектов подкисления для аквасистем.

Модель, основанная на уравнении материального баланса (Steady-State Water Chemistry Model, SSWC). Допущения, принятые в модели SSWC. Исходные данные для расчета по модели SSWC. Уравнение расчета концентрации в водах сульфатов природного происхождения. Расчет предельной величины кислотнейтрализующей способности. Корректировка предельного значения кислотнейтрализующей способности в зависимости от содержания в водах органических кислот.

Эмпирическая диатомовая модель.

РАЗДЕЛ 4. КРИТИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ.

Расчет критических нагрузок свинца, кадмия и ртути для наземных экосистем. Модель, основанная на уравнении материального баланса. Расчет количества металлов, поглощаемых растениями. Расчет критических значений содержания тяжелых металлов, определяющих критерии качества пищевых продуктов и кормов.

Расчет критических значения выщелачивания тяжелых металлов из почвы. Понятие о полной критической концентрации тяжелых металлов в дренажных водах. Критические концентрации растворенных Pb, Cd, Hg и критическое содержание этих металлов в растении. Критические концентрации растворенных Pb, Cd, Hg, используемые при оценке загрязнения грунтовых вод. Критические концентрации растворенных Cd и Pb, используемые при оценке экотоксикологических эффектов.

Расчет критических концентраций свободных ионов металла исходя из критического содержания способного к реакции металла. Расчет полных концентраций растворенных металлов исходя из концентраций свободных ионов металлов. Использование значений pH и DOC при расчете критических концентраций металлов. Критические концентрации растворенной ртути, связанные с экотоксикологическими эффектами в почвах.

Расчет критических нагрузок свинца, кадмия и ртути в водных экосистемах. Модель, основанная на уравнении материального баланса. Критические полные концентрации растворенных кадмия и свинца в водных экосистемах. Критические уровни ртути в осадках.

РАЗДЕЛ 5. ДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ (ВВЕДЕНИЕ В ПРОБЛЕМУ).

Ограничение использования концепции критических нагрузок и необходимость проведения динамического моделирования. Основные понятия и уравнения, используемые в динамическом моделировании.

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

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

1. Определение понятия «критическая нагрузка». Различия и сходства методологических подходов, используемых при разработке концепций ПДК и критических нагрузок.

2. Понятие о превышении критической нагрузки. Международная программа сотрудничества по моделированию и картированию критических нагрузок и их превышений.
3. Круговорот азота. Трансформация соединений азота в атмосфере, в водоемах и в почве.
4. Основные эффекты, наблюдаемые в экосистемах при воздействии излишних количеств азота: подкисление и эвтрофикация.
5. Круговорот серы. Трансформация соединений серы в атмосфере, в водоемах и в почве. Эффект подкисления.
6. Понятие о кислотонейтрализующей способности.
7. Основные пути трансформации соединений свинца, кадмия и ртути антропогенного происхождения в наземных и аквасистемах и факторы их определяющие.
8. Экотоксикологическое действие свинца, кадмия и ртути на наземные и акваэкосистемы.
9. Эмпирические критические нагрузки.
10. Классификация рецепторных групп экосистем и классификация сред обитания EUNIS для Европы. Диапазоны эмпирических критических нагрузок азота для естественных и слабоизмененных наземных экосистем.
11. Рекомендации по выбору величины эмпирической критической нагрузки по азоту в пределах рекомендуемого диапазона в зависимости от климатических условий, влажности почвы, доступности оснований, интенсивности хозяйственного использования.
12. Диапазоны критических нагрузок в отношении эффектов подкисления для почв разного минералогического состава.
13. Факторы, влияющие на выбор величины критической нагрузки в пределах выбранного диапазона.
14. Группировка минералов Свердрупа и Варфинге по скорости растворения. Использование данных о скоростях выветривания минералов для определения эмпирических критических нагрузок в отношении эффектов подкисления.
15. Расчет критических нагрузок для наземных экосистем. Модель, основанная на уравнении материального баланса (Simple Mass Balance, SMB). Допущения, принятые в модели SBM. Исходные данные для расчета по модели SBM.
16. Использование модели SMB для расчета критической нагрузки наземных экосистем по азоту в отношении эффектов эвтрофикации. Понятие о допустимых уровнях выщелачивания азота.
17. Использование модели SMB для расчета критической нагрузки наземных экосистем в отношении эффектов подкисления. Уравнения материального баланса для соединений азота и серы.
18. Понятие о максимальной критической нагрузке по сере и азоту и минимальной критической нагрузке по азоту.
19. Расчет кислотнейтрализующей способности почвенного раствора. Понятие о критическом значении снижения кислотонейтрализующей способности.
20. Функции критической нагрузки экосистем в отношении эффектов подкисления.
21. Расчет критического значения кислотнейтрализующей способности с использованием активностей H+ и Al3+ и константы реакции растворения гиббсита.
22. Критерия для расчета критического значения кислотонейтрализующей способности (критическая концентрация алюминия, критическое отношение катионы-основания/ алюминий, критическая скорость мобилизации алюминия; критическое значение pH, критическое отношение катионы-основания/протон) и принцип их выбора.
23. Понятие о критической величине насыщенности основаниями. Использование уравнений Гапона и Гейнса-Томаса для определения критического значения pH и кислотонейтрализующей способности.
24. Источники данных для расчета критических нагрузок в отношении эффектов подкисления по модели SBM.
25. Расчет критических нагрузок в отношении эффектов подкисления для аквасистем по модели, основанной на уравнении материального баланса (Steady-State Water Chemistry Model, SSWC).
26. Допущения, принятые в модели SSWC. Исходные данные для расчета по модели SSWC.
27. Эмпирическая диатомовая модель для расчета критических нагрузок в отношении эффектов подкисления для аквасистем.

28. Модель баланса кислотности первого порядка (*First-order Acidity Balance, FAB*). Вывод модели FAB для озер. Допущения модели. Исходные данные для модели.
29. Расчет критических нагрузок свинца, кадмия и ртути для наземных экосистем. Модель, основанная на уравнении материального баланса.
30. Расчет количества металлов, поглощаемых растениями. Расчет критических значений содержания тяжелых металлов, определяющих критерии качества пищевых продуктов и кормов.
31. Расчет критических значения выщелачивания тяжелых металлов из почвы. Понятие о полной критической концентрации тяжелых металлов в дренажных водах.
32. Критические концентрации растворенных Pb, Cd, Hg и критическое содержание этих металлов в растении.
33. Критические концентрации растворенных Pb, Cd, Hg, используемые при оценке загрязнения грунтовых вод.
34. Критические концентрации растворенных Cd и Pb, используемые при оценке экотоксикологических эффектов.
35. Расчет критических концентраций свободных ионов металла исходя из критического содержания способного к реакции металла.
36. Расчет полных концентраций растворенных металлов исходя из концентраций свободных ионов металлов. Использование значений pH и DOC при расчете критических концентраций металлов.
37. Критические концентрации растворенной ртути, связанные с экотоксикологическими эффектами в почвах.
38. Расчет критических нагрузок свинца, кадмия и ртути в водных экосистемах. Модель, основанная на уравнении материального баланса. Критические полные концентрации растворенных кадмия и свинца в водных экосистемах. Критические уровни ртути в осадках.
39. Ограничение использования концепции критических нагрузок и необходимость проведения динамического моделирования.
40. Основные понятия и уравнения, используемые в динамическом моделировании. Наиболее часто используемые в динамическом моделировании модели: VSD, SMART, SAFE, MAGIC, STELLA.

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

1. Процессы с участием соединений азота в почвах и в пресноводных водоемах
2. Процессы с участием соединений серы в почвах и в пресноводных водоемах
3. Влияние избытка соединений азота на наземные и пресноводные экосистемы
4. Влияние избытка соединений серы на наземные и пресноводные экосистемы
5. Методологические подходы, используемые при разработке концепции ПДК и концепции критических нагрузок.
6. Понятие об эмпирических критических нагрузках и способы определения эмпирических критических нагрузок по азоту.
7. Вывод модели SBM для расчета критических нагрузок по азоту в отношении эффектов эвтрофикации.
8. Вывод модели SBM для расчета критических нагрузок по азоту и сере в отношении эффектов подкисления для наземных экосистем.
9. Понятие ANC.
10. Критерии выбора критического значения ANC. Критерии, связанные с Al3+ ([Al]crit, (Bc/Al)crit).
11. Критерии выбора критического значения ANC. Критерии, связанные с H+ ([H]crit, (Bc/Hcrit)).
12. Функции критических нагрузок по S и N .
13. Вывод модели расчета критической нагрузки в отношении эффектов подкисления для водных экосистем (SSWC) (объяснить, как рассчитывается каждый из членов уравнения).
14. Эмпирическая диатомовая модель.

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 *написание и защита рефератов 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) *Устный опрос*	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. Башкин В.Н., Припутина И.В. Управления экологическими рисками при эмиссии поллютантов. (темы 1-4) Москва Газпром ВНИИГАЗ 2010

2. Башкин Е.В., Козлов М.Я., Припутина И.В. Региональная оценка устойчивости экосистем европейской части России к атмотехногенным

выпадениям серы и азота. Ч. 1 (Тема 3) 1997 Проблемы региональной экологии. 1

3. В.Н., Курбатова А.С., Савин Д.С. Методологические основы оценки критических нагрузок поллютантов на городские экосистемы (Темы 3-4) Москва НИиПИЭГ2004
4. Башкин В.Н., Курбатова А.С., Савин Д.С. Охрана природы. Городские экосистемы.(Темы 3-4) Москва-Смоленск Маджента2003
5. Глазовская М.А. Методологические основы оценки эколого-геохимической устойчивости почв к техногенным воздействиям (Тема 1) Москва Изд-во Моск.ун-та 1997
6. Орлов Д.С., Садовникова Л.К., Суханова Н.И. Химия почв (Тема 2) Москва Высшая школа 2005
7. De Vries W, Reinds GJ, Posch M Assessment of critical loads and their exceedances on European forests using a one-layer steady-state model (Тема 3) 1994 Water, Air and Soil Pollution72
8. Henriksen A, Posch M Steady-state models for calculating critical loads of acidity for surface waters. (тема 3)2001 Water, Air and Soil Pollution Focus 1
9. Moiseenko T Acidification and critical load in surface waters: Kola, Northern Russia.
10. (тема 3) 1994 Ambio 23
11. Sverdrup H, De Vries W Calculating critical loads for acidity with the simple mass balance method. (тема 3) 1994 Water, Air and Soil Pollution 72
12. Van der Salm C, De Vries WA review of the calculation procedure for critical acid loads for terrestrial ecosystems.(тема 3)2001The Science of the Total Environment271

Б. Дополнительная литература

1 Кудеяров В.Н. Цикл азота в почве и эффективность азотных удобрений (тема 2) Москва Наука 1989

2 Умаров М.М., Кураков А.В., Степанов А.Л. Микробиологическая трансформация азота в почве. (тема 2) Москва ГЕОС 2007

- Перечень лицензионного программного обеспечения
- Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем
- Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости)
  www.icpmapping.org
  http://critloads.ceh.ac.uk
  www.emep.int
- Описание материально-технической базы

Помещения

- Лекционная аудитория, оборудованная оргтехникой (проектор, компьютер);

Оборудование:

Для лекционных аудиторий: необходимая оргтехника, ЭВМ.

Иные материалы: не требуются.

10. **Язык преподавания: русский**

11. **Преподаватель (преподаватели):**

Изосимова Юлия Геннадьевна
доцент
к.б.н. (19.02.2013 МГУ имени М.В.Ломоносова)

12. **Разработчики программы:**
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 излагается концепция расчета критических нагрузок поллютантов на экосистемы, обсуждаются реакции и процессы с участием соединений серы и азота в тропосфере, почвах и пресноводных водоемах, рассматриваются эффекты воздействия этих соединений на компоненты экосистем и методологические подходы к расчету критических нагрузок соединений серы и азота в отношении эффектов подкисления и эвтрофикации на наземные и пресноводные экосистемы. Дается представление о принципах расчетов критических нагрузок при загрязнении почвы тяжелыми металлами. Обсуждаются вопросы ограничения использования концепции критических нагрузок с использованием модели SMB и необходимости проведения динамического моделирования.