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:

РАДИОИЗОТОПНЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОЗРАСТА РАЗЛИЧНЫХ ОБЪЕКТОВ

Уровень высшего образования:

Магистратура

Направление подготовки (специальность):

05.04.06 Экология и природопользование

Направленность (профиль) ОПОП:

РАДИОЭКОЛОГИЯ

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 *05.04.06 Экология и природопользование* программы *магистратуры*

ОС МГУ утвержден решением Ученого совета МГУ имени М.В. Ломоносова от 30 декабря 2020 года № 1368.

1. **Место дисциплины в структуре ОПОП:** относится к вариативной части ОПОП, является обязательной для освоения

2. **Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия:** (*перечень освоенных дисциплин))*

Химия
Физика
Биология
Математика
Почвоведение
Ландшафтоведение
Геохимия ландшафта
Органическая химия
Аналитическая химия
Общая химия
Геология
Общая экология
Радиоэкология
Лесная и сельскохозяйственная радиоэкология
Водная радиоэкология
Биогеохимические циклы радионуклидов

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-3. Владеет знаниями об особенностях биогеохимических потоков и циклов естественных и техногенных радионуклидов в биосфере; способен давать оценку и прогноз изменения потоков в окружающей среде при различных радиационных ситуациях	**М-СПК-3.1** Применяет знания об особенностях биогеохимических потоков и циклов естественных и техногенных радионуклидов в биосфере при оценке и прогнозе изменения их потоков в окружающей среде при различных радиационных ситуациях	**Знает:** Знает: основные методы датировки биологических объектов, горных пород, почв радиоактивными методами, их преимущества и недостатки при установлении возраста различных объектов . **Умеет:** оценить возможность применения радиоактивных методов датировки биологических объектов, горных пород, почв для решения конкретных задач установления возраста абиотических и биотических

		образований.

4. **Объем дисциплины** 2 з.е.**,** в том числе 24 академических часов на контактную работу обучающихся с преподавателем, 48 академических часов на самостоятельную работу обучающихся.

5. **Формат обучения:** очная

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	**Всего**	Теститрова-ние, ответы на вопросы	Подготовка докладов, рефератов	**Всего**
Раздел 1. Введение Метод меченых атомов	14	-	6	6			8
Тема 1 Введение.	4	-	2	2	2	-	
Тема 2. Метод меченых атомов	10	-	4	4	2	4	6
Форма текущей аттестации по разделу –	Задания для самостоятельной работы: подготовка ответов на вопросы для поведения текущей аттестации, тестирование, подготовка докладов и рефератов по теме						
Раздел N.2. Определение возраста биологических объектов, горных пород, почв радиоактивными методами	56	-	18	18			
Тема 1. Урано-(ториево)-свинцовый метод	8	-	2	2	2	4	6

Тема 2. Калиево-аргоновый метод и его вариант аргон-аргоновый метод	8	-	2	2	2	4	6
Тема 3. Рубидиево-стронциевый метод	8	-	2	2	2	4	6
Тема 4. Радиоуглеродный метод	8	-	2	2	2	4	6
Тема 5. Другие методы датировки	24	-	10	10	2	12	14
Форма текущей аттестации по разделу.	Задания для самостоятельной работы: подготовка ответов на вопросы для поведения текущей аттестации, тестирование, подготовка докладов и рефератов по теме						
Промежуточная аттестация	*зачет*				2		
Итого:	72	24			48		

Подробное содержание разделов и тем дисциплины:

Введение.

Понятие об изотопной геохимии – разделе геохимии, изучающей закономерности распределения изотопов элементов в оболочках Земли и использование их как геохронологического инструмента для определения возраста горных пород, почв, биологических объектов, артефактов и событий. Физические основы изотопной геохронологии: закон радиоактивного распада, проблема постоянства скорости радиоактивного распада; типы распада, используемые в изотопной геохронологии. Подходы к определению возраста биологических объектов, горных пород, почв, артефактов и событий радиоактивными методами. Использование радиоактивных изотопов в почвенных исследованиях.

Раздел 1. Метод меченых атомов.

Понятие «меченые атомы». Начало применения метода (работы Г.Е. Владимирова для исследования биохимических процессов нервной системы, работы А. П. Виноградова по изучению фотосинтеза и др.). Сущность метода. Применение метода в различных областях (в медицине - для диагностики сердечно-сосудистых заболеваний (^{32}P), определения состояния щитовидной железы (^{131}I); выявления сосудистых заболеваний (Na-24), исследования функции почек (^{192}Au); для исследования процессов всасывания в желудке и кишечнике, пищеварения, раковых заболеваний; в технике – для обнаружения повреждения газопроводов, металлургия сплавов; в криминалистике, в экологии, почвоведении и смежных науках – для исследования биохимических процессов; круговорота веществ в ландшафтах, изучения механизмов миграции и перераспределения элементов в почвах и ландшафтах, системе «почва – растение» и др.

Раздел 2. Определение возраста биологических объектов, горных пород, почв радиоактивными методами

Тема 1. Урано-(ториево)-свинцовый метод

Сущность метода. Условия применения метода. Диапазон определения возраста биологических объектов урано-(ториево)-свинцовым методом. Ограничения применения метода.

Тема 2. Калиево-аргоновый метод и его вариант аргон-аргоновый метод.

Открытие метода (работы Д. Аронсона) - революция в геологии и палеоантропологии: установление возраста «Люси» (самого древнего, полного и сохранившегося скелета из всех останков прямоходящих предков человека). Сущность метода. Условия применения метода. Диапазон определения возраста биологических объектов калиево-аргоновым методом. Ограничения применения метода.

Особенности аргон - аргонового ($^{40}Ar/^{40}Ar$) метода и его модификации ($^{40}Ar/^{39}Ar$) в датировке.

Тема 3. Рубидиево-стронциевый метод

Открытие метода (работы Титова и Герлинга (СССР), Алдрича и Нира (США)). Сущность метода. Условия применения метода, Диапазон определения возраста биологических объектов биологических объектов с применением рубидиево-строциевого метода. Ограничения применения метода.

Тема 4. Радиоуглеродный метод

Открытие радиоуглеродного метода датировки (работы У.Ф. Либби). Сущность метода. Основное уравнение радиоуглеродного метода изотопной геохронологии, объекты датирования. Возможности применения метода радиоуглеродного датирования (диапазон возрастов: минимальный и максимальный возраст датировки). Использование радиоуглеродного метода для определения гибели молодых организмов; подделок древних мумий; в медицине; в криминалистике для выявления торговли слоновой костью и контрабанды наркотиков; в археологии (датировка возраста Туринской плащаницы, рукописей Мёртвого моря, наскальных рисунков в пещерах, древнейших стоянок человека с керамикой и земледелием, исследования загрязнения природной среды радионуклидами, выделяемыми при производстве топлива для атомной промышленности.
Радиоуглеродный метод датировки возраста Возраст почв, органического вещества и различных фракций органического вещества почв. Абсолютный и относительный возраст почв. Недостатки радиоуглеродного метода, связанные с природными (биологические особенности растений) и антропогенными («послебомбовый» С-14) факторами.

Тема 5. Другие методы датировки:

а) *Самариево-неодимовый метод* (Sm-Nd) метод. Физические и геохимические основы Sm-Nd метода изотопной геохронологии. Тип и скорость радиоактивного распада, современный изотопный состав самария и неодима и его эволюция в прошлом. Особенности геохимии Sm и Nd. Устойчивость Sm-Nd изотопной системы при метаморфических воздействиях. Минералы и породы, пригодные для Sm-Nd датирования.

б) *Лютецио-гафниевый метод* (Lu-Hf) метод. Изотопный состав лютеция и гафния, радиоактивные свойства лютеция. Особенности геохимии лютеция и гафния. Датирование докембрийских пород Lu-Hf методом. Доказательства изотопной гетерогенности мантии Земли.

в) *Методы датирования, основанные на спонтанном делении урана*:

Уран-ксеноновый метод изотопной геохронологии. Представления о физических процессах при делении атомных ядер в минералах. Кривая выходов осколков деления. Генерация изотопов ксенона при спонтанном делении ^{238}U и нейтронно-индуцированном делении ^{235}U. Датирование U/Xe методом. Нейтронно-индукционный вариант изотопного датирования по продуктам деления (Xes/Xen-метод) – возможность датирования открытых изотопно-геохимических систем.

Метод изотопной геохронологии, основанный на регистрации следов (треков) осколков деления в структуре минералов. Механизм образования первичных и вторичных треков. Устойчивость треков в разных минералах. Определение возраста по соотношению концентрации урана и плотности треков, недостатки метода. Нейтронно-индукционный вариант метода определения возраста по трекам осколков деления. Минералы, пригодные для датирования по следам осколков деления.

г) *Методы изотопной геохронологии, основанные на распаде промежуточных членов радиоактивных рядов урана и тория.* Понятие активности радиоизотопов. Основные уравнения, связывающие активность изотопа – промежуточного члена радиоактивного семейства – и возраст. Определение скорости седиментации пелагических отложений ониевым и ониево-протактиниевым методами. Определение возраста морских биогенных карбонатов $^{230}Th/^{238}U$ и $^{230}Th/^{234}U$ методами. Принципы датирования по ^{210}Pb – хронология снега и льдов. Определение возраста озерных и морских осадков.

д) *Рений-осмиевый метод изотопной геохронологии* Изотопный состав рения и осмия. Особенности геохимии рения и осмия. Рений-осмиевое датирование молибденитов.

Определение возраста метеоритов и земных мантийных пород. Эволюция изотопного состава земного осмия. Модельные возрасты пород. Метод рений-осмиевого датирования по обыкновенному осмию.

е) *Методы изотопной геохронологии, основанные на распаде космогенных радионуклидов*: ^{3}H,^{26}Al, ^{10}Be, ^{32}Si, ^{36}Cl, ^{39}Ar. Датирование грунтовых вод по тритию: генерация космогенного трития в атмосфере, процессы техногенного синтеза трития; определение возраста грунтовых вод по соотношению 3He/3T.

Образование в атмосфере космогенных ^{3}H, ^{26}Al, ^{10}Be, ^{32}Si, ^{36}Cl, ^{39}Ar; время нахождения их в океане; определение возраста морских осадков и марганцевых конкреций, скорости их седиментации, датирование континентальных осадков, ледников, подземных вод.

ж) *Определение возраста Земли и шкала геологического времени*

Определение возраста Земли U/Pb, Rb/Sr, Sm/Nd, Re/Os методами изотопной геохронологии. U/Pb и Rb/Sr изотопные системы в изучении аккреции и ранней дифференциации Земли. Применение $^{182}Hf/^{182}W$ и $^{146}Sm/^{14}2Nd$ изотопных систем с вымершими короткоживущими радиоактивными изотопами. Изотопно-геохронологические исследования дифференциации Земли, эволюции земной коры.

з) *Изотопная космохронология*

Принципы определения возраста Вселенной по долгоживущим изотопам. Нуклеосинтез и вымершие изотопы. Принцип определения "формационного интервала" метеоритов по вымершим изотопам (^{129}I, ^{244}Pu, ^{26}Al, ^{107}Pd, ^{60}Fe, ^{53}Mn и др.). Исследование происхождения Луны с применением $^{182}Hf/^{182}W$ изотопной системы. Определения возраста Луны и метеоритов U/Pb, Rb/Sr, Sm/Nd, Re/Os методами изотопной геохронологии. Калий-аргоновое изотопное датирование метеоритов и Луны. Изотопно-геохронологические доказательства единства происхождения тел Солнечной системы..

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

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

Рекомендуемые темы:

1. Применение метода меченых атомов для разделения корневого и микробного дыханий в почвах
2. Метод изотопного разбавления.
3. Применение радиоактивного изотопа фосфора (P^{32})
4. Применение радиоактивного изотопа йода (^{131}I)
5. Применение радиоактивного изотопа натрия (^{24}Na)
6. Применение радиоактивного изотопа золота (^{192}Au)
7. Применение калиево-аргонового метода для определения возраста «Люси» - самого древнего, полного и сохранившегося скелета из всех останков прямоходящих предков человека
8. Особенности аргон-аргонового ($^{40}Ar/^{40}Ar$) метода и его модификации ($^{40}Ar/^{39}Ar$) в датировке событий, связанных с извержением вулкана Везувия (датировка гибели Помпеи по лаве).
9. Датировка возраста Туринской плащаницы с помощью радиоуглеродного метода
10. Абсолютный и относительный возраст почв.
11. Современные представления о возрасте почв
12. Использование радиоуглеродного метода датировки для определения возраста почвоподобных тел экстремальных условий (пустынь, высоких широт и т.п.).

13. Определения возраста Луны и метеоритов U/Pb, Rb/Sr, Sm/Nd, Re/Os методами изотопной геохронологии
14. Применение $^{182}Hf/^{182}W$ и $^{146}Sm/^{14}2Nd$ изотопных систем с вымершими короткоживущими радиоактивными изотопами.
15. Изотопногеохронологические исследования дифференциации Земли, эволюции земной коры.
16. Определение скорости седиментации пелагических отложений ониевым и ониево-протактиниевым методами
17. Датирование открытых изотопно-геохимических систем уран-ксеноновым методом.
18. Определение возраста минералов на основании регистрации треков осколков деления радиоактивных элементов, находящихся в структуре этих минералов

Примеры тестов, темы рефератов, презентаций, докладов по темам

1. Изотопная геохимия – как важный раздел геохимии
2. Основные радиоактивные методы датировки возраста биологических объектов, горных пород, почв
3. Современные представления о возрасте различных фракций органического вещества почв
4. Определение возраста Земли различными методами изотопной геохронологии.
5. Определение возраста Вселенной по долгоживущим изотопам. Изотопно-геохронологические доказательства единства происхождения тел Солнечной системы.
6. Датирование грунтовых вод по тритию
7. Рений-осмиевое определение возраста метеоритов и земных мантийных пород
8. . Определение возраста морских биогенных карбонатов $^{230}Th/^{238}U$ и $^{230}Th/^{234}U$ методами.
9. Определение возраста озерных и морских осадков по ^{210}Pb.
10. Определение возраста докембрийских пород (карбонатные породы, к которым приурочены свинцово-цинковые месторождения; месторождения нефти) Lu-Hf методом.

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

1. Использование радиоактивных изотопов в почвенных и агрохимических исследованиях
2. Использование метода «меченых» атомов для исследования динамики почвенных процессов, скорости изотопного обмена, трансформации форм химических соединений в почве, прочности связи элементов с различными компонентами ППК
3. Выбор радиоактивных методов датировки применительно к различным объектам
4. Особенности применения урано-(ториево)-свинцовового метода датировки
5. Особенности применения калиево-аргонового метода датировки
6. Особенности применения рубидиево-стронциевого метода датировки
7. Особенности применения радиоуглеродного метода датировки
8. Использование изотопы ^{36}Cl и ^{22}Na для изучения солевого режима почв и механизмов передвижения воды в почве.
9. Определение качественного и количественного состава вещества на основе радиометрического анализа
10. Использование метода меченых атомов для изучения круговорота веществ в ландшафтах и биохимических процессов.

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 *(виды оценочных средств: устные и письменные опросы, самостоятель-ные и контрольные работы, тесты)*	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
Умения *(виды оценочных средств: контрольные работы, написание рефератов и докладов 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)	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:

1. Бекман И.Н. Радиоэкология и экологическая радиохимия. Учебник для бакалавриата и магистратуры. М.: Юрайт, 2017. 409 с.
2. Габдуллин Р.Р. Историческая геология, Учебное пособие для студентов Вузов. Кн. 1. М.:МГУ, 2005. 242 с.
3. ..

Дополнительная литература.

1. Герасимов И.П. Абсолютный и относительный возраст почв //Почвоведение, 1969. № 5.
2. Эволюция и возраст почв СССР. АН СССР. Сб. научных трудов. Пущино: ОНТИ НЦБИ, 1986.

- Перечень лицензионного программного обеспечения
- Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем: MS Windows10, MS Teams
- Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости)^

  Радиоэкологический информационно-учебный ресурс «Экорадмод» (https://soil.msu.ru/kafedry/kaf-radioecologia/ecoradmod)
- Описание материально-технической базы

  А. Помещения

  - 2 лекционные аудитории, оборудованная оргтехникой (проектор, компьютер, выход в Интернет);

  Б. Оборудование

  - для семинарских и лекционных аудиторий: необходимая оргтехника, ЭВМ и др.;

  В. Иные материалы

10. **Язык преподавания: русский**

11. **Преподаватель (преподаватели):**

Цветнова Ольга Борисовна

Должность: ведущий научный сотрудник

Ученая степень (когда и где присуждена): кандидат биологических наук, 22.12.1987 г. Совет в Московском университете им. М.В. Ломоносова

Ученое звание (когда и кем присвоено): доцент, 10.09.2013 Министерство образования и науки Российской Федерации

12. **Разработчики программы:**

Цветнова Ольга Борисовна

Должность: ведущий научный сотрудник

Ученая степень (когда и где присуждена): кандидат биологических наук, 22.12.1987 г. Совет в Московском университете им. М.В. Ломоносова

Ученое звание (когда и кем присвоено): доцент, 10.09.2013 Министерство образования и науки Российской Федерации

13. **Краткая аннотация дисциплины:** курс направлен на освоение учащимися основных методы датировки биологических объектов, горных пород и почв различными

радиоактивными методами, оценке их преимуществ и недостатков при выборе методов датировки применительно к различным объектам, для решения конкретных задач установления возраста абиотических и биотических образований. Большое внимание в курсе уделяется рассмотрению возможности использования радиоактивных изотопов в почвенных и агрохимических исследованиях, современным представлениям о возрасте различных фракций органического вещества почв, абсолютном и относительном возрасте почв, качественного и количественного состава вещества на основе радиометрического анализа.