

**ФАНО России**

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт мониторинга климатических и экологических систем  
Сибирского отделения Российской академии наук**

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИМКЭС СО РАН, д.ф.-м.н.  
Крутиков В.А.  
«*Июль*» 2015 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.В.ДВ.1 СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ  
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

Трудоемкость в зачетных единицах – 2

Наименование подготовки: 05.06.01 Науки о земле (уровень подготовки кадров высшей квалификации)

Направленность (профиль) подготовки: 03.02.08 Экология (технические науки)

Квалификация выпускника: Исследователь. Преподаватель-исследователь

Форма обучения: очная

г. Томск  
2015 г.

## **1. Цели изучения дисциплины**

Целью изучения дисциплины «Современные методы исследования объектов окружающей среды» является ознакомление аспирантов с физическими основами, возможностями и областями применения современных методов исследования объектов окружающей среды, таких как: изотопная масс-спектрометрия легких элементов и радиоуглеродное датирование. Курс включает в себя рассмотрение приборной базы, методик пробоподготовки и проведения исследований, вопросов интерпретации полученных данных.

Для достижения поставленной цели необходимо:

- познакомить аспирантов с приборами, оборудованием и устройствами для проведения экспериментально-исследовательской работы;
- освоить методы пробоподготовки образцов для радиоуглеродного датирования и масс-спектрометрического анализа
- сформировать у аспирантов экспериментальные навыки работы на современном оборудовании.
- научить применять статистические методы оценки результатов исследований и интерпретировать полученные данные.

## **2. Место учебной дисциплины в структуре основной образовательной программы подготовки кадров высшей квалификации**

Учебная дисциплина «Современные методы исследования объектов окружающей среды» входит в вариативную часть основной образовательной программы, соответствует требованиям Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (далее ФГОС ВО) по направлению 05.06.01 Науки о Земле, направленность (профиль) подготовки: 03.02.08 – Экология (технические науки). Эта дисциплина имеет логические и содержательно-методические взаимосвязи с дисциплинами соответствующего направления.

Курс имеет интегрально-прикладной характер. В качестве теоретической основы выступают следующие дисциплины: «Экология», «Физико-химические методы анализа объектов окружающей среды», «Оценка воздействия на окружающую среду», «Химия окружающей среды», «Методы и приборы контроля окружающей среды и экологический мониторинг».

## **3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенными с планируемыми результатами освоения ООП**

В результате освоения дисциплины аспирант должен обладать следующими *общепрофессиональными компетенциями*:

- способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1).

В результате освоения дисциплины аспирант должен обладать следующими *профессиональными компетенциями*:

- способность проводить комплексную географическую и экологическую экспертизу при разработке и принятии управленческих решений; осуществлять глобальный, региональный и локальный географический и экологический аудит (ПК 4).

Аспирант, освоивший содержание дисциплины в рамках планируемых результатов обучения должен:

**знать:**

- 1) современные способы использования информационно-коммуникационных технологий в выбранной сфере деятельности;
- 2) теоретические основы экологического проектирования и экспертизы;
- 3) методы оценки фактического состояния территории.

**уметь:**

- 1) выбрать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования;
- 2) моделировать и прогнозировать поведение природных и природно-техногенных экосистем разной степени сложности, находить способы их оптимизации.

**владеть:**

- 1) навыками поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз данных) и критического анализа информации по тематике проводимых исследований;
- 2) практическими навыками экологического проектирования и экспертизы.

Карта компетенций и критерии оценивания уровня сформированности компетенций приведены в Приложении 1 к основной образовательной программе высшего образования по направлению подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре 05.06.01 Науки о земле, направленность (профиль) подготовки 03.02.08 – Экология (технические науки).

**4. Общая трудоемкость дисциплины (2 зачётных единицы) и виды учебной работы**

<b>Вид учебной работы</b>	<b>Трудоемкость (в соответствии с учебным планом) (час.)</b>
Аудиторные занятия	
Лекции	20
Практические работы	10
Семинары	
Лабораторные работы	
Другие виды аудиторных работ	
Другие виды работ	
Самостоятельная работа	42
Всего:	72
Формы текущего контроля	тесты
Формы промежуточной аттестации в соответствии с учебным планом	зачет

## 5. Содержание программы учебной дисциплины

### 5.1. Содержание учебной дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (темы)	Аудиторные часы (час.)				Самостоятельная работа (час)
		Всего	Лекции	Практическое	Лабораторные	
1.	Введение. Общие понятия и основные определения масс-спектрометрии.	8	4			4
2.	Стабильные изотопы легких элементов (С, О, N, H, S)	10	4			6
3.	Устройство и принцип работы изотопного масс-спектрометрического комплекса	16	2	4		10
4.	Пробоподготовка образцов для изотопного масс-спектрометрического анализа	16	4	4		8
5.	Использование радиоуглеродного датирования для хронологических реконструкций	18	4	2		12
6.	Стандарты МАГАТЭ для изотопных масс-спектрометрических исследований	4	2			2
	<b>Итого:</b>	<b>72</b>	<b>20</b>	<b>10</b>		<b>42</b>

### 5.2. Содержание разделов дисциплины

#### 5.2.1. Введение. Общие понятия и основные определения масс-спектрометрии.

Цели и задачи курса. Краткая история масс-спектрометрии. Блок-схема масс-спектрометра. Основные определения и понятия. Основные принципы метода масс-спектрометрии. Классификация масс-спектрометров и их узлов. Технические характеристики масс-спектрометров: скорость сканирования, чувствительность, разрешение, динамический диапазон, точность измерения массы.

#### 5.2.2. Стабильные изотопы легких элементов (С, О, N, H, S).

Природная изотопия легких элементов. Изотопы углерода в растениях. Изотопы кислорода и водорода в осадках, в речной и озерной воде. Причины фракционирования стабильных изотопов в объектах окружающей среды.

#### 5.2.3. Устройство и принцип работы изотопного масс-спектрометрического комплекса.

Устройство и принцип работы изотопного масс-спектрометра DELTA V Advantage с дополнительными устройствами, позволяющими осуществлять анализ образцов как в твердом, так и в жидком, и в газообразном состоянии. Применение изотопной масс-

спектрометрии.

#### **5.2.4. Пробоподготовка образцов для изотопного масс-спектрометрического анализа.**

Пробоподготовка торфа, почв, растений, костного материала, пыльцы, древесины.

#### **5.2.5. Использование радиоуглеродного датирования для хронологических реконструкций.**

Теория и техника радиоуглеродного определения возраста. Образцы, используемые для датирования, их объем, подготовка к анализу, возрастные пределы датирования.

### **6. Учебно-методическое обеспечение дисциплины**

#### **6.1. Основная литература по дисциплине**

Лебедев А.Т. Масс-спектрометрия для анализа объектов окружающей среды. М.: Техносфера., 2013. – 632 с. (Библиотека ИМКЭС СО РАН).

Мальшева А.Г., Рахманин Ю.А. Физико-химические исследования и методы контроля веществ в гигиене окружающей среды. – Спб.: НПО «Профессионал», 2012. – 720с. (Библиотека ИМКЭС СО РАН).

Коваленко Л.А., Макаров А.К., Медведев В.Т., Скибенко В.В. Контроль состояния окружающей среды и защита от антропогенных загрязнений учеб. пособие. – 2-е изд. стер. М.: Издательский дом МЭИ., 2010. – 448с. (Библиотека ИМКЭС СО РАН).

Другов Ю.С., Родин А.А., Кашмет В.В. Пробоподготовка в экологическом анализе. – Издание второе дополненное и исправленное. М.: Изд-во Лаб. Пресс, 2005. – 756 с. (Библиотека ИМКЭС СО РАН).

#### **6.2. Дополнительная литература**

Вагнер Г.А. Научные методы датирования в геологии, археологии и истории. М.: Техносфера, 2006. – 576 с/

Лебедев А.Т. Масс-спектрометрия в органической химии. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2003. – 493 с.

Отто М. Современные методы аналитической химии. 3-е издание М.: Техносфера, 2008. – 544с.

Беккер Ю. Хроматография. Инструментальная аналитика: методы хроматографии и капиллярного электрофореза. М.: Техносфера, 2009. – 472 с.

Другов Ю.С. Анализ загрязненной почвы и опасных отходов: Практическое руководство/ Ю.С. Другов, А.А. Родин. – М.: БИНОМ./ Лаборатория знаний, 2007. – 424с. (Библиотека ИМКЭС СО РАН).

Журналы:

Масс-спектрометрия

Геохимия

Журнал аналитической химии

Приборы и техника эксперимента

Экология

Radiocarbon

#### **6.3. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины**

*Электронные библиотечные системы:*

Научная электронная библиотека [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

eLIBRARY.RU <http://elibrary.ru>

Архив журнала Science [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.sciencemag.org/content/by/year#classic>

Архив журнала Scopus [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.scopus.com/>

Архив журнала Web of Science [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://apps.webofknowledge.com/UA\\_GeneralSearch\\_input.do?product=UA&search\\_mode=Gener](http://apps.webofknowledge.com/UA_GeneralSearch_input.do?product=UA&search_mode=Gener)

Архивы журналов издательства Oxford University Press [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.oxfordjournals.org/>

Архив научных журналов SAGE Journals Online [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://online.sagepub.com/>

Электронные издательства Springer [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://link.springer.com/>

*Специализированные электронные источники:*

Масс-спектрометрия - химическая энциклопедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.xumuk.ru/encyklopedia/2448.html>

#### **6.4. Рекомендации по использованию информационных технологий, включая перечень программного обеспечения и информационно-справочных систем**

При изучении дисциплины «Современные методы исследования объектов окружающей среды» используются современные информационные технологии, позволяющие читать лекции с применением информационно-коммуникационных технологий, облегчающих понимание темы или вопроса. Часть лекционного материала и материалов семинарских занятий доступны через сеть Интернет, режим доступа к которым сообщается лектором. Подобное самостоятельное обучение развивает способности к поиску и отбору студентом требуемой информации в сети Интернет.

#### **7. Методические рекомендации для аспирантов по освоению дисциплины**

В ходе изучения дисциплины аспирантами должны быть усвоены основные понятия, методология, принципы методов радиоуглеродного датирования и изотопной масс-спектрометрии. Аспирант должен иметь представления о возможностях изотопного масс-спектрометрического анализа при исследовании объектов окружающей среды и уметь анализировать полученные данные.

При изучении курса особое внимание следует направить на освоение практических навыков по пробоподготовке образцов для изотопного масс-спектрометрического и радиоуглеродного анализов.

Наряду с классическими технологиями обучения (лекции и самостоятельная подготовка) при изучении данной дисциплины применяются некоторые другие современные методы обучения:

- лекции с применением информационно-коммуникационных технологий;
- часть лекционного материала и материалов семинарских занятий доступны через сеть Интернет;
- режим собеседования с преподавателем, реализуемый через коллоквиумы, позволяет, кроме функции контроля, развить у аспирантов навыки профессиональной речи.

При изучении дисциплины «Современные методы исследования объектов окружающей среды» предусматривается написание реферативной работы. Реферативные материалы должны представлять письменную модель первичного документа — научной работы, монографии, статьи. Реферат может включать обзор нескольких источников и служить основой для доклада на определенную тему на семинарах, конференциях. Регламент озвучивания реферата - 7-10 мин.

Большое внимание в ходе обучения уделяется самостоятельной работе аспирантов. При этом виды самостоятельной работы предусматривают:

- сбор и изучение информации;
- анализ, систематизация и трансформация информации;
- отображение информации в необходимой форме;
- консультация у преподавателя.

В соответствии с учебным планом проводится зачёт в конце 2-го года обучения. К итоговой аттестации допускаются аспиранты, прослушавшие курс лекций, выступившие с сообщениями на семинарах, выполнившие практические и контрольные работы.

## **8. Фонд оценочных средств**

Фонд оценочных средств определяется Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающегося, утвержденным в ИМКЭС СО РАН и включает в себя:

### **8.1. Вопросы и задания для самостоятельной работы, в том числе групповой самостоятельной работы аспирантов**

1. Хромато-масс-спектрометрия.
2. Пробоподготовка костного материала для изотопного масс-спектрометрического анализа.
3. Изотопный состав растений типа C3 и C4.
4. Изотопный состав атмосферных осадков.
5. Изотопный состав азота объектов окружающей среды, как маркер экологической обстановки.
6. Методика определения фальсификации меда методом изотопной масс-спектрометрии.
7. Библиотеки масс-спектров.
8. Стандарты МАГАТЭ для изотопных масс-спектрометрических исследований.
9. Факторы, влияющие на результат радиоуглеродного датирования.

### **8.3. Примеры тестов**

1. Выбрать правильную формулировку определения изотопа:
  - а) это атом, содержащий в своем ядре одинаковое число протонов, но различное число нейтронов.
  - б) это атом, содержащий в своем ядре одинаковое число нейтронов, но различное число протонов.
  - в) это атом, содержащий в своем ядре одинаковое число нейтронов, но различное число электронов.
  - г) это атом, содержащий в своем ядре одинаковое число электронов, но различное число протонов.
2. Отметить область(и) применения изотопной масс-спектрометрии легких элементов:
  - а) палеоклиматология
  - б) гидрология
  - в) термометрия
  - г) археология
  - д) изотопная масс-спектрометрия трансурановых элементов
  - е) биология
  - ж) исследование химического состава звезд
  - з) аутентичность продуктов питания
  - и) допинг-контроль

- к) экология
- л) все выше перечисленные
- 3. Физический принцип изотопной масс-спектрометрии:
  - а) разделение атомов и молекул по их массам
  - б) перевод нейтральных частиц в заряженные и разделение последних по отношению  $m/z$ .
  - в) перевод нейтральных частиц в заряженные и разделение последних по отношению  $z/m$ .
- 4. Способы ионизации нейтральных атомов и молекул:
  - а) электронный удар
  - б) химическая ионизация
  - в) ионизация электрораспылением
  - г) полевая ионизация
  - д) магнитная ионизация
  - е) ионизация с помощью быстрых нейтрино
- 5. Главный физический фактор, влияющий на распределение изотопов кислорода и водорода в водных системах:
  - а) температура
  - б) атмосферное давление
  - в) влажность
  - г) скорость испарения
  - д) количество осадков
- 6. В химических реакциях принимают участие:
  - а) протоны
  - б) электроны
  - в) нейтроны
  - г) позитроны
  - д) все выше перечисленные.
- 7. Период полураспада радиоуглерода  $^{14}\text{C}$ :
  - а) 4500
  - б) 5569
  - в) 5730

#### **8.4. Перечень вопросов для промежуточной аттестации:**

1. Краткая история масс-спектрометрии.
2. Принцип работы масс-спектрометра.
3. Блок-схема масс-спектрометра.
4. Методы ионизации вещества.
5. Масс-анализаторы.
6. Масс-спектрометр для изотопного анализа.
7. Технические характеристики масс-спектрометров.
8. Применение изотопной масс-спектрометрии в области наук о Земле.
9. Природная изотопия легких элементов.
10. Причины вариаций изотопного состава легких элементов в природе.
11. Пробоподготовка образцов для изотопного масс-спектрометрического анализа.
12. Пробоподготовка образцов для радиоуглеродного анализа.
13. Принципы радиоуглеродного датирования.

#### **9. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

При освоении дисциплины используется библиотечный фонд ИМКЭС СО РАН и других институтов ТНЦ, в том числе отечественным и зарубежным периодическим изданиям и сети Интернет. По всем разделам дисциплины подготавливаются презентации лекций и



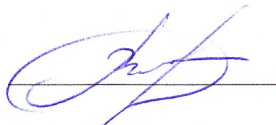
семинаров, имеется соответствующее мультимедийное оборудование. Проведение практических работ обеспечивается наличием приборной базы, включающей в себя: спектрометр–радиометр Quantulus, масс-спектрометрический комплекс на базе изотопного масс-спектрометра DELTA V Advantage (Thermo Fisher Scientific) с дополнительными устройствами (GasBench II, Flash 2000 – элементный анализатор, TRACE GC ULTRA - газовый хроматограф, квадрупольный масс-спектрометр). Оборудование (вытяжные шкафы, центрифуга, весы, муфельная печь, сушильные шкафы, микродозаторы и др.) и реактивы для пробоподготовки. Персональные компьютеры с необходимым программным обеспечением.

Рабочая программа составлена на основании:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 05.06.01 Науки о земле, утвержденного Приказом Министерства образования и науки РФ № 870 от 30.07.2014 г.;
- паспорта специальности научных работников 03.02.08 – Экология (технические науки).

Рабочая программа составлена:

с.н.с. ЛБИТ ИМКЭС СО РАН,  
к.т.н.



Г.В. Симонова

Рабочая программа рассмотрена и рекомендована к утверждению решением Ученого совета ИМКЭС СО РАН. Протокол УС ИМКЭС СО РАН № 1 от 02.07 2015 г.