



**РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК**  
**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки**  
**Институт физической химии и электрохимии им. А.Н.Фrumкина РАН**  
**(ИФХЭ РАН)**

**ПРИНЯТО**

Ученым советом ИФХЭ РАН

Протокол № 6 от 22.09.2011 г.

Председатель Ученого совета  
академик



А.Ю. Цивадзе

**Рабочая программа дисциплины**  
**«Химия трансурановых элементов»**

**Специальность 02.00.14 «Радиохимия»**

Москва

2011 год

## **1. Цели и задачи освоения дисциплины**

Цели дисциплины: освоение дисциплины «Химия трансурановых элементов» является необходимым элементом подготовки молодых специалистов высокого уровня в области радиохимии. Формирование знаний и умений в области радиохимии должно стать основой успешной работы молодых специалистов как в научных подразделениях, специализирующихся в области радиохимии, так и на радиохимических предприятиях, а также в области профессионального образования.

Программа разработана на основе Государственного образовательного стандарта высшего образования в соответствии с учебными планами по специальности «Радиохимия». Она посвящена формированию знаний и умений в области химии растворов и синтеза соединений трансурановых элементов (ТУЭ) и включает в себя основы современных аналитических методов определения, разделения и выделения ТУЭ из смесей сложного химического состава. Уделяется внимание актуальным проблемам поведения актинидов в радиоактивных отходах и в окружающей среде.

Задачи дисциплины: В процессе изучения дисциплины аспиранты должны освоить методы безопасной работы с радиоактивными и химически токсичными элементами конца периодической системы элементов для дальнейшей самостоятельной научной работы в области радиохимии, обладать теоретическими знаниями для совершенствования существующих и разработки новых процессов в радиохимических технологиях, создания новых безопасных технологий и др. Сформировать навыки и умения практического использования полученных знаний. Изучить методы, подходы к решению разнообразных научных и прикладных проблем, связанных с радиохимией и химией трансурановых элементов.

## **2. Место дисциплины в структуре ООП**

Данная дисциплина относится к группе специальных дисциплин образовательной компоненты ООП ППО (в соответствии с Федеральными государственными требованиями (ФГТ)) и относится к отрасли «Химические науки» и научной специальности «Радиохимия».

Требования к «входным» знаниям, умениям и готовности обучающегося, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин: знание неорганической, физической, органической, аналитической, коллоидной химии в рамках учебных программ химических факультетов университетов или химико-

технологических университетов. Знание основ химических технологий, владение навыками, приобретенными на практических (лабораторных) занятиях по указанным разделам химии.

Дисциплины, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: технология уранового ядерного цикла, технология переработки облученного ядерного топлива, экология актинидов в окружающей среде.

### 3. Требования к результатам освоения дисциплины

В рамках данной дисциплины формируются следующие компетенции: теоретические знания в области электронного строения актинидов и их связь с химическими свойствами, владение основными экспериментальными методами, используемыми в фундаментальных исследованиях в области химии трансурановых элементов, владение основными аналитическими методами в химии трансурановых элементов, теоретические знания основ технологии и обращения с радиоактивными отходами.

### 4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц - 180 часов.

#### 4.1 Структура дисциплины

№ п/п	Наименование дисциплины	Объем учебной работы (в часах)						Вид итогового контроля	
		Всего	Всего аудит	Из аудиторных					Сам. работа
				Лекц.	Лаб.	Прак.	КСР.		
	Химия транс-урановых элементов	180	144	50		94		36	Экзамен по специальности «радиохимия»

#### 4.2 Содержание дисциплины

##### 4.2.1 Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел Дисциплины	Виды учебной работы, и трудоемкость (в часах)				Самостоятельная работа
		Лек.	Лаб.	Пр.	КСР	
1	Электронное строение актинидов	4		2		4

2	Поведение ТУЭ в водных средах - общая характеристика	6		12		
3	Окислительно-восстановительные реакции ТУЭ	4		14		
4	Комплексообразование ТУЭ с неорганическими и органическими лигандами	6		12		
5	Кинетика реакций ТУЭ	6		10		4
6	Электрохимические, каталитические, фотохимические, радиационно-химические реакции ТУЭ	6		14		8
7	Основы методов экстракции и хроматографии для отделения и разделения ТУЭ	4		6		2
8	Получение и свойства кристаллических соединений ТУЭ	4		12		6
9	Основы уранового ядерного топливного цикла, переработка облученного ядерного топлива	6		6		8
10	Проблемы обращения с радиоактивными отходами, поведение ТУЭ в окружающей среде	4		6		4
Итого		50		94		36

#### 4.2.2. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Форма проведения занятий (лекции, семинары и т.д.)
1	Электронное строение актинидов	<i>d</i> - и <i>f</i> -электронные оболочки, энергетические уровни, состояния окисления	Лекции, семинары, самостоятельная работа
2	Поведение ТУЭ в водных средах - общая	Степени окисления (СО),	Лекции, семинары,

	характеристика	наиболее устойчивые СО, закономерности гидролиза, комплексообразования в зависимости от СО	практические занятия
3	Окислительно-восстановительные реакции ТУЭ	Окислительно-восстановительные (О-В) потенциалы, формальные потенциалы, способы получения заданных СО ТУЭ в растворах, основные реагенты. Влияние комплексообразования на О-В потенциал и протекание О-В реакций.	Лекции, семинары, практические занятия
4	Комплексообразование ТУЭ с неорганическими и органическими лигандами	Комплексы с хлорид-, нитрат-, сульфат-, фосфат-ионами. Комплексы с оксалат-, формиат-, ацетат-ионами, комплексонами. Координационные уислы, координационные полиэдры	Лекции, семинары, практические занятия
5	Кинетика реакций ТУЭ	Быстрые реакции комплексообразования. Скорости О-В реакций. Лимитирующая стадия. Структурные перестройки. Реакции электронного переноса без изменения структуры ионов.	Лекции, семинары, практические занятия
6	Электрохимические, каталитические, фотохимические, радиационно-химические реакции ТУЭ	Электродные потенциалы. Катализаторы для О-В реакций. Возбужденные состояния. Типы и механизмы фото- и радиационно-химических реакций. Разница и сходство.	Лекции, семинары, практические занятия
7	Основы методов экстракции и хроматографии для отделения и разделения ТУЭ	Основные экстрагенты. Трибутилфосфат. Д2ЭГФК. Ионообменная и комплексообразовательная	Лекции, семинары, самостоятельная работа

		хроматография.	
8	Получение и свойства кристаллических соединений ТУЭ	Получение, состав и свойства оксидов, гидридов, нитридов. Комплексные кристаллические соединения с анионами $\text{HO}_4^{2-}$ , карбоксилатные соединения. Мягкие и жесткие лиганды.	Лекции, семинары, практические занятия
9	Основы уранового ядерного топливного цикла, переработка облученного ядерного топлива	Вскрытие урановых руд, извлечение, обогащение, получение фторидов, оксидов урана, металлического урана. ТВЭЛы. Основные схемы переработки облученного ядерного топлива. Перспективы.	Лекции, семинары, самостоятельная работа
10	Проблемы обращения с радиоактивными отходами, поведение ТУЭ в окружающей среде	Хранение отходов в поверхностных хранилищах, способы иммобилизации. Закачивание в скважины, остекловывание, цементирование. Миграционное поведение. Барьеры.	Лекции, семинары, самостоятельная работа

## 5. Образовательные технологии

Образовательные технологии, используемые при реализации различных видов учебной работы: компьютерные технологии, презентации, средства мультимедиа, активные образовательные технологии (лекции, семинары, лабораторные работы).

## 6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

Виды самостоятельной работы: с компьютером в лабораториях с доступом к лабораторному оборудованию, базам данных, к ресурсам Интернет; в

домашних условиях с доступом к ресурсам Интернет; с учебной и научной литературой по специальности, учебно-методическими пособиями, конспектами лекций (библиотека Института, базы данных и другие материалы в лабораториях, Интернет); с лабораторным оборудованием под контролем сотрудников Института.

Систематические обсуждения с научными руководителями по результатам освоения теоретических разделов, результатов проведенной экспериментальной работы с целью контроля успехов освоения научной дисциплины, подготовки к сдаче экзамена по специальности. Экспертная оценка руководителя, экзаменаторов.

## **7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

А) Основная литература:

1. Химия актиноидов. В 3-х томах. Ред. Дж. Кац, Г. Сиборг, Л. Морсс. М.: Мир. 1999.
2. Келлер К. «Химия трансурановых элементов». М Атомиздат. 1976. 440 с.
3. Борин Л. Л., Карелин А. И. Термодинамика окислительно-восстановительных процессов в технологии актиноидов. М.: Атомиздат. 1977. 232 с.
4. Крот Н. Н., Гельман А. Д., Мефодьева М. П., Шилов В. П., Перетрухин В. Ф., Спицын В. И. Семивалентное состояние нептуния, плутония, америция. М.: Наука, 1977. 152 с.
5. Вдовенко В.М. Химия урана и трансурановых элементов. М.: Изв-во АН СССР. 1960. 460 с.
6. Чайхорский А. А. Химия нептуния. М.: Атомиздат, 1978.
7. Гелис В. М., Харитонов О. В., Фирсова Л.А. Ионообменная хроматография в радиохимии. Методическое пособие. М.: ИФХЭ РАН. 2008.
8. Егоров Е. В., Макарова С. Б. Ионный обмен в радиохимии. М.: Атомиздат. 1971. 406 с.

Б) Дополнительная литература:

1. Аналитическая химия урана. / Под ред. Д. И. Рябчикова. М.: Изд-во АН СССР. 1962. 432 с.
2. Аналитическая химия трансплутониевых элементов. Сборник. М.: Наука. 1972. С. 186-187.
3. Копырин А. А., Карелин А. И., Карелин В. А. Технология производства и радиохимической переработки ядерного топлива. М.: ЗАО Энергоатомиздат. 2006. 573 с.

4. Громов Б.В. Введение в химическую технологию урана. М: Атомиздат, 1978. 336 с.
5. Хоникевич А. А. Очистка радиоактивно-загрязненных вод. М.: Атомиздат. 1974. 312 с.
6. Кульский Л. А., Страхов Э. Б., Волошинова А. М., Близнюкова В. А. Очистка вод атомных электростанций. Киев: Наукова думка. 1979. 209с.
7. Соболев И. А., Хомчик Л. М. Обезвреживание радиоактивных отходов на централизованных пунктах. - М.: Энергоатомиздат. 1983. 128 с.
8. Никифоров А. С. Куличенко В. В., Жихарев М. И. Обезвреживание жидких радиоактивных отходов.- М.: Энергоатомиздат. 1985. 28 с.
9. Колтунов В. С. Кинетика реакций актинидов. М. 1974.

В) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы.

Журналы и книги издательства American Chemical Society (ACS)
Журналы и книги издательства American Physical Society (APS)
Журналам и труды конференций электрохимического общества (The Electrochemical Society(ECS))
Архив научных журналов издательства Oxford University Press
Журналы и книги издательства Trans Tech Publications inc.
Журналы и конференции Optical Society of America (OSA)
“Обзорный журнал по химии” на платформе E-library
Мультидисциплинарный журнал естественнонаучного профиля “SCIENCE” издательства American Association for the Advancement of Science (AAAS)
Патентная База данных Questel
Реферативная база данных компании Cambridge Scientific Abstracts в области технологии, материаловедения и нанотехнологий
Реферативная база INSPEC, Institution of Engineering and Technology
Коллекция из 104 журналов Академиздатцентра “Наука”
БД ВИНТИ РАН on-line –крупнейшая в России баз данных по естественным, точным и техническим наукам
База данных БЕН РАН
EBSCO Publishing и справочная база “DynaMed”
Журналы издательства Institute of Physics (IOP)
Журналы и книги издательства Elsevier
152 журналов издательства Elsevier за 2000-2009 годы на платформе eLIBRARY.RU
Журналы и книги издательства Wiley-Blackwell
Журналы издательства Nature Publishing Group
Журналы и базы данных по основным направлениям развития химических наук The Royal Society of Chemistry (RSC)
Архивы издательства The Royal Society of Chemistry (RSC)
Журналы издательства The Royal Society Publishing
Журналы и книги издательства Springer
Реферативная база данных Inspec, Institution of Engineering and Technology
Ресурсы издательства Taylor&Francis (компания Metapress)
Журналы издательства Sage Publications
Журналы издательства American Institute of Physics



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

Материально-техническое обеспечение лабораторий ИФХЭ РАН: Лаборатория химии трансурановых элементов, лаборатория хроматографии радиоактивных элементов; лаборатория хроматографии радиоактивных элементов, лаборатория анализа радиоактивных материалов.

Программа составлена в соответствии с требованиями приказа Минобрнауки России от 16.03.2011 № 1365 «Федеральные государственные требования к структуре основной профессиональной образовательной программы послевузовского профессионального образования (аспирантура)» лабораторией химии трансурановых элементов.

Программа принята на заседании секции Ученого совета ИФХЭ РАН «Химия и технология радиоактивных элементов, радиоэкология» (протокол № 2) от 15 сентября 2011 года.