

Федеральное агентство научных организаций  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
**ИНСТИТУТ ХИМИИ ТВЕРДОГО ТЕЛА УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКА-  
ДЕМИИ НАУК (ИХТТ УрО РАН)**



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИХТТ УрО РАН  
В. Л. Кожевников  
«18» 09 2015 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ  
ХИМИЯ МЕТАЛЛОВ И ИХ СОЕДИНЕНИЙ**

подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре  
по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки  
(уровень подготовки кадров высшей квалификации)

Направленность (профиль) программы:  
Физическая химия

Квалификация: Исследователь. Преподаватель-исследователь.

ЕКАТЕРИНБУРГ  
2015 г.

Составитель:

Научный сотрудник лаборатории гетерогенных процессов, к.х.н



В.М. Скачков

Рецензент:

Заведующий аспирантурой, к.х.н., доцент



Н.С.Кожевникова

Согласовано:

Ученый секретарь ИХТТ УрО РАН, д.х.н.



Т.А. Денисова

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА РАССМОТРЕНА И ОДОБРЕНА на заседании Учёного совета  
ИХТТ УрО РАН протокол № 9 от «17» сентября 2015 г.

## АННОТАЦИЯ

Рабочая программа дисциплины «Химия металлов и их соединений» составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки (уровень подготовки кадров высшей квалификации).

Рабочая программа соответствует требованиям, обязательным при реализации основных профессиональных образовательных программ высшего образования - программ подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению подготовки кадров высшей квалификации 04.06.01 Химические науки (далее соответственно - программа аспирантуры, направление подготовки).

В рабочей программе используются следующие сокращения:  
ИХТТ УрО РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химии твердого тела Уральского отделения Российской академии наук;  
УК - универсальные компетенции;  
ОПК - общепрофессиональные компетенции;  
ПК - профессиональные компетенции;  
ООП – основная образовательная программа;  
ФГОС ВО - федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования.

Дисциплина «Химия металлов и их соединений» относится к вариативной части (дисциплины по выбору) учебного плана программы аспирантуры по направлению подготовки 04.06.01 «Химические науки» и направленности «Физическая химия» (Квалификация: Исследователь. Преподаватель-исследователь). Данная дисциплина реализуется в ИХТТ УрО РАН лабораторией гетерогенных процессов.

Аспирант по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки готовится к следующим видам профессиональной деятельности: научно-исследовательская; педагогическая.

Направленность (профиль) профессиональной деятельности: Физическая химия.

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника, освоившего программу аспирантуры, универсальных компетенций УК-1, УК-3, УК-5, общепрофессиональных компетенций ОПК-1, ОПК-2 и профессиональных компетенций ПК-1.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические занятия, самостоятельная работа.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

*Текущий контроль.* В течение семестра по каждому разделу курса решаются задачи, которые сдаются преподавателю в форме коллоквиума, объединяющего практический результат и теоретические представления по каждой теме раздела. Выполнение указанных видов работ является обязательным для всех аспирантов.

*Итоговый контроль.* Для контроля усвоения дисциплины учебным планом предусмотрен зачет. Аспирант допускается к зачету при условии решения всех предусмотренных курсом задач и сдачи коллоквиумов.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 академических часа. Программой дисциплины предусмотрены: 12 часов на лекции, 16 часов на практические занятия, 4 часа на зачет и 40 часов самостоятельной работы аспирантов.

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели дисциплины заключаются в следующем:

- приобретение знаний, необходимых для решения задач, связанных с химией металлов и их соединений, способных к инновационной деятельности в соответствующей области прикладной химии и в смежных областях науки и высшего образования;
- создание новых методов извлечения ценных компонентов из рудного и вторичного сырья, синтеза веществ и материалов, приобретение навыков работы с лабораторной аппаратурой и решение практических задач создания современных методов и технологий.

Дополнительными целями изучения дисциплины является:

- знакомство с основными химическими процессами, используемыми в производстве металлов и их соединений;
- знакомство с современными технологиями переработки сырья и аппаратурным оформлением, с направлениями совершенствования, в т.ч. – с точки зрения экологичности, эффективного использования энергоресурсов и безотходного производства;
- знакомство с теоретическими основами и описанием конкретных физико-химических процессов, основами технологических расчетов.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

- 2.1. Учебная дисциплина «Химия металлов и их соединений» является дисциплиной по выбору и входит в вариативную часть учебного плана ООП.
- 2.2. Данная программа строится на преемственности программ в системе высшего образования и предназначена для аспирантов ИХТТ УрО РАН, прошедших обучение по программам подготовки магистров или специалистов, прослушавших в высших учебных заведениях (университетах) соответствующие курсы и имея по ним положительные оценки. Она основывается на положениях, отраженных учебных программах указанных уровней. Для освоения дисциплины требуются знания и умения, приобретенные обучающимися в результате освоения ряда предшествующих дисциплин (разделов дисциплин), таких как:
  - Общая неорганическая химия.
  - Химия элементов.
  - Аналитическая химия.
- 2.3. Дисциплина «Химия металлов и их соединений» является вспомогательной при подготовке научно-квалификационной работы аспиранта и подготовке к сдаче кандидатского экзамена по направленности (профилю) подготовки: физическая химия.

## 3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины «Химия металлов и их соединений» направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ООП по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки:

### 1. Универсальных компетенций:

- способности к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);
- готовности участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач (УК-3);
- способности планировать и решать задачи собственного профессионального и личного развития (УК-5).

## 2. *Общепрофессиональных компетенций:*

- способности самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1);
- готовности организовать работу исследовательского коллектива в области химии и смежных наук (ОПК-2);

## 3. *Профессиональных компетенций:*

способность к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук по специальности (направленности) 02.00.04 Физическая химия (ПК-1)

По окончании изучения дисциплины аспиранты должны будут:

### *знать:*

- современные достижения науки и передовые технологии в области химии металлов;
- современные методы исследования, используемые при разработке новых технологий;
- теоретические представления о химии в металлургии, в том числе о поведении элементов и механизмов химических реакций в металлургических процессах;
- основы важнейших физических, химических и электрохимических методов извлечения ценных компонентов из первичного и вторичного сырья.

### *уметь:*

- оценивать перспективные направления развития химии металлов с учетом мирового опыта;
- анализировать взаимосвязь между составом, строением и свойствами соединений в сырье, в том числе и вторичном;
- применять современные методы и средства исследования для решения конкретных задач химии металлов;
- прогнозировать и использовать реакционную способность химических веществ в различных агрегатных состояниях и экстремальных условиях.

### *владеть:*

- навыками планирования процессов и решения поставленных задач в химии металлов;
- навыками анализа возможности создания новых методик и технологий на базе проведенных исследований;
- навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях.

## 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1 Разделы дисциплины и виды занятий

Наименование разделов и тем	Трудоемкость (в ЗЕТ)	Объем работы (в часах)	Всего учебных занятий (в часах)		
			лекции	практические занятия	самостоятельная работа
1	2	3	4	5	6
<b>Раздел 1. Общие вопросы химии металлов</b>					
Тема 1. Металлы и их классификация. Руды цветных металлов. Вторичное сырьё. Обогащение руд цветных металлов		4	2		2

1	2	3	4	5	6
Тема 2. Принципы и методы металлургии. Продукты и полупродукты металлургии		2			2
Тема 3. Подготовка сырья к металлургической переработки. Утилизация полупродуктов цветной металлургии		2			2
<b>Раздел 2. Химия тяжёлых цветных металлов</b>					
Тема 4 Химия меди.		4	2		2
Тема 5. Химия никеля и кобальта.		4	2		2
Тема 6. Химия свинца, олова, сурьмы и висмута		4		2	2
Тема 7. Химия цинка, кадмия, ртути		4		2	2
<b>Раздел 3. Химия благородных металлов</b>					
Тема 8. Химия серебра и золота		4		2	2
Тема 9. Химия металлов платиновой группы		4		2	2
<b>Раздел 4. Химия лёгких цветных металлов</b>					
Тема 10. Химия алюминия.		4		2	2
Тема 11. Химия магния		4		2	2
<b>Раздел 5. Химия щелочных и щелочноземельных металлов</b>					
Тема 12. Химия натрия, калия, кальция, стронция, бария		4	2		2
<b>Раздел 6. Химия редких металлов</b>					
Тема 13. Химия лёгких редких металлов (литий, рубидий, цезий, бериллий)		4			4
Тема 14. Химия тугоплавких металлов (титан, цирконий, гафний, ванадий, ниобий, тантал, вольфрам, молибден, рений)		4	2	2	
Тема 15. Химия рассеянных металлов (галлий, индий, таллий, германий, селен, теллур)		4	2	2	
Тема 16. Химия редкоземельных металлов (скандий, иттрий, лантан и лантаниды)		4			4
Тема 17. Химия радиоактивных металлов		4			4
<b>Раздел 7. Дальнейшее развитие химии металлов</b>					
Тема 18. Принципы создания новых технологий		4			4
<b>Зачет</b>		4			
<b>Всего по дисциплине</b>	<b>2</b>	<b>72</b>	<b>12</b>	<b>16</b>	<b>40</b>

## 4.2. Содержание разделов и тем

### Раздел 1. Общие вопросы химии металлов

Металлы и их классификация. Понятия и история развития. Металлургический комплекс состоит из двух крупных отраслей — черной и цветной металлургии.

Чёрная металлургия служит основой развития машиностроения и строительства. Основным исходным сырьем для получения черных металлов являются железная руда, марганец, коксующиеся угли и руды легирующих металлов. Цветная металлургия - отрасль металлургии, которая включает добычу, обогащение руд цветных металлов и выплавку цветных металлов и их сплавов. По физическим свойствам и назначению цветные металлы условно можно разделить на тяжёлые (медь, свинец, цинк, олово, никель) и лёгкие (алюминий, титан, магний).

Руды металлов. Классификация. Виды вторичного сырья. Обогащение руд металлов. Обогажительные фабрики и оборудование.

Принципы и методы металлургии с точки зрения физической химии, конструкции печей и агрегатов. Продукты и полупродукты металлургии. Подготовка сырья к металлургической переработки, транспортировка и складирование. Утилизация полупродуктов, экологические проблемы.

### Раздел 2. Химия тяжёлых цветных металлов

Физико-химические свойства меди и её соединений. Применение. Медные руды и минералы, их классификация. Принципы пирометаллургического и гидрометаллургического способа получения меди. Современные способы переработки медных руд и концентратов. Химизмы процессов, продукты и их утилизация.

Физико-химические свойства никеля и его соединений. Никелевые руды и минералы. Современные схемы переработки никелевых руд и концентратов. Химизм процессов.

Основные физико-химические свойства свинца и его соединений. Свинцоводержащие руды и минералы. Современные способы переработки свинцовых концентратов, их сущность. Физико-химические основы очистки свинца от примесей и причины, лежащие в основе этой очередности. Электролитическое рафинирование свинца: теоретические основы и показатели процесса.

Физико-химические свойства цинка и его соединений. Цинковые руды и минералы. Современные технологические схемы их переработки. Краткая характеристика основных процессов. Разновидности технологических схем. Основы теории электроосаждения цинка из сульфатных растворов. Особенности электродных процессов. Перенапряжение выделения водорода на катоде и его зависимость от параметров электролиза.

### **Раздел 3. Химия благородных металлов**

Физико-химические свойства благородных металлов и их соединений. Руды и минералы. Современные технологические схемы переработки благородных металлов. Разновидности аппаратурного оформления. Химизм процессов.

### **Раздел 4. Химия лёгких цветных металлов**

Физико-химические свойства этих металлов и их соединений. Руды и минералы. Современные технологические схемы переработки лёгких цветных металлов. Разновидности аппаратурного оформления.

### **Раздел 5. Химия щелочных и щелочноземельных металлов**

Физико-химические свойства этих металлов и их соединений. Руды и минералы. Современные технологические схемы переработки щелочных и щелочноземельных металлов. Разновидности аппаратурного оформления.

### **Раздел 6. Химия редких металлов**

Физико-химические свойства этих металлов и их соединений. Руды и минералы. Современные технологические схемы переработки редких металлов. Разновидности аппаратурного оформления.

### **Раздел 7. Дальнейшее развитие химии металлов**

Принципы создания новых технологий. Синтез новых веществ с учётом физико-химических свойств металлов. Современные подходы в химии, безотходные технологии, существующие и в перспективе.

#### **Практические занятия**

1. Расчет рационального состава руд и концентратов.
2. Расчет рационального состава продуктов плавки и обжига.
3. Составление материального баланса процесса.
5. Расчет основных технологических показателей.

## **5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

Технология процесса обучения по дисциплине «Химия металлов и их соединений» включает в себя следующие образовательные мероприятия:

- а) аудиторные занятия (лекционно-семинарская форма обучения);
- б) самостоятельная работа аспирантов;
- г) контрольные мероприятия в процессе обучения и по его окончанию;
- д) зачёт.

В учебном процессе используются как активные, так и интерактивные формы проведения занятий: дискуссия, метод поиска быстрых решений в группе, мозговой штурм.

Аудиторные занятия проводятся в интерактивной форме с использованием мультимедийного обеспечения (ноутбук, проектор) и технологии проблемного обучения.

Презентации позволяют качественно иллюстрировать практические занятия схемами, формулами, чертежами, рисунками. Кроме того, презентации позволяют четко структуриро-

вать материал занятия.

Электронная презентация позволяет отобразить процессы в динамике, что позволяет улучшить восприятие материала.

Самостоятельная работа организована в соответствии с технологией проблемного обучения и предполагает следующие формы активности:

- самостоятельная проработка учебно-проблемных задач, выполняемая с привлечением основной и дополнительной литературы;
- поиск научно-технической информации в открытых источниках с целью анализа и выявления ключевых особенностей.

Основные аспекты применяемой технологии проблемного обучения:

- постановка проблемных задач отвечает целям освоения дисциплины «Химия металлов и их соединений» и формирует необходимые компетенции;
- решаемые проблемные задачи стимулируют познавательную деятельность и научно-исследовательскую активность аспирантов.

## **6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

Цель контроля - получение информации о результатах обучения и степени их соответствия результатам обучения.

### **6.1. Текущий контроль**

Текущий контроль успеваемости, т.е. проверка усвоения учебного материала, регулярно осуществляемая на протяжении семестра. Текущий контроль знаний учащихся организован как устный групповой опрос (УГО).

Текущая самостоятельная работа аспиранта направлена на углубление и закрепление знаний, и развитие практических умений аспиранта.

### **6.2. Промежуточная аттестация**

Промежуточная аттестация осуществляется в конце семестра и завершает изучение дисциплины «Химия металлов и их соединений». Форма аттестации – зачёт в устной форме и проводится в 3 семестре.

На зачёте аспирант должен продемонстрировать высокий научный уровень и научные знания по дисциплине «Химия металлов и их соединений».

### **6.3. Список типовых вопросов для проведения зачета:**

1. Какие компоненты присутствуют в сырье, полупродуктах и продуктах металлургической переработки и как они ведут себя в процессе переработки?
2. Каковы причины частичного перехода элементов в тот или иной продукт?
3. Цели операций пиро- и гидрометаллургических процессов, как они осуществляется на практике?
4. Чем отличаются металлургические агрегаты одной направленности, недостатки и преимущества, причины практического применения?
5. Каковы оптимальные параметры (температура, время выдержки, атмосфера и т.д.) процессов и за счёт чего они поддерживается на практике?

## **7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Основная литература**

1. Автоклавная гидрометаллургия цветных металлов / С.С. Набойченко, Я.М. Шнеерсон, М.И. Калашникова, Л.В. Чугаев; под ред. С.С. Набойченко. Екатеринбург:[ГОУ ВПО УГТУ-УПИ], 2008. -Т.1. -2008. -375с.

2. Автоклавная гидрометаллургия цветных металлов / С.С. Набойченко, Я.М. Шнеерсон, М.И. Калашникова, Л.В. Чугаев; под ред. С.С.Набойченко. Екатеринбург: [ГОУ ВПО УГТУ-УПИ], 2009. -Т.2. -2009. -611с.
3. Котляр Ю.А. Metallургия благородных металлов: учеб. для вузов: в 2 кн. Кн. 1 / Ю.А. Котляр, М.А. Меретуков, Л.С. Стрижко; М-во образования и науки Рос. Федерации. -М.: МИСИС:ИД "Руда и металлы", 2005. -431с.
4. Котляр Ю.А. Metallургия благородных металлов: учеб. для вузов: в 2 кн. Кн. 2 / Ю.А. Котляр, М.А. Меретуков, Л.С. Стрижко; М-во образования и науки Рос. Федерации.-М.: МИСИС:ИД "Руда и металлы", 2005. -391с.
5. Рахманкулов М.М. Metallургия стратегических металлов и сплавов. / М.М. Рахманкулов. -М.: Теплотехник, 2008. -503с.
6. Петелин А.Л. Термодинамика и кинетика металлургических процессов: курс лекций: учеб. пособие для вузов / А.Л. Петелин, Е.С. Михалина; Учеб.- метод. объединение по образованию МИСиС.-М.: Изд-во "УЧЕБА", 2005 .-91с.
7. Фальковский В.А. Твердые сплавы / В.А. Фальковский, Л.И. Клячко. -М.: Издательский дом "Руда и металлы", 2005. -413с.
8. Процессы и аппараты цветной металлургии: учебник для вузов / С.С. Набойченко, Н.Г. Агеев, А.П. Дорошкевич, В.П. Жуков, Е.И. Елисеев, СВ. Карелов, А.Б. Лебедь, С.В. Мамяченков. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2005. -700 с.

#### **Дополнительная литература**

1. Metallургия меди, никеля, сопутствующих элементов и проектирование цехов / И.Ф.Худяков, С.Э.Кляйн, Н.Г.Агеев. М.: Metallургия, 1993. 432 с.
2. Шиврин Г.А. Metallургия свинца и цинка. М.: Metallургия, 1982. 350 с.
3. Гудима Н.В. Технологические расчеты в цветной металлургии. М.: Metallургия, 1975. 255 с.
4. Гальнбек А.А., Шалыгин Л.М., Шмонин Ю.Б. Расчеты пирометаллургических процессов и аппаратов в цветной металлургии. Челябинск.: Metallургия, 1990. 448 с.
5. Набойченко С.С., Юнь А.А. Расчеты гидрометаллургических процессов. М.: МИСИС, 1995. 428 с.
6. Москвитин В.И., Николаев И.В., Фомин Б.А. Metallургия лёгких металлов. - М.: Интернет Инжиниринг, 2005. - 411 с.
7. Беляев А.И. Metallургия лёгких металлов. - М.: Metallургия, 1970. - 365 с.
8. Троицкий И.А., Железнов В.А. Metallургия алюминия. - М.: Metallургия, 1984. - 400 с.
9. Лайнер А.И., Еремин Н.И., Лайнер Ю.А., Певзнер И.З. Производство глинозёма. - М.: Metallургия, 1978. - 344 с.
10. Надольский А.П. Расчеты процессов и аппаратов производства тугоплавких металлов. М.: Metallургия, 1980. 128 с.