

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**СОГЛАСОВАНО**

Заведующий кафедрой

Кафедра металлургии цветных  
металлов (МЦМ\_ХМФ)

наименование кафедры

подпись, инициалы, фамилия

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

институт, реализующий ОП ВО

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой

Кафедра металлургии цветных  
металлов (МЦМ\_ХМФ)

наименование кафедры

Белоусова Н.В.

подпись, инициалы, фамилия

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

институт, реализующий дисциплину

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
ТЕОРИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ  
ПРОЦЕССОВ**

Дисциплина Б1.В.ДВ.03.01 Теория металлургических процессов

Направление подготовки /  
специальность 22.04.02 МЕТАЛЛУРГИЯ магистерская  
программа 22.04.02.02 Металлургия  
цветных металлов

Направленность  
(профиль)

Форма обучения

очная

Год набора

2020

Красноярск 2021

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования с учетом профессиональных стандартов по укрупненной группе

220000 «ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ»

---

Направление подготовки /специальность (профиль/специализация)

Направление 22.04.02 МЕТАЛЛУРГИЯ магистерская программа

22.04.02.02 Металлургия цветных металлов

---

Программу  
составили \_\_\_\_\_

## 1 Цели и задачи изучения дисциплины

### 1.1 Цель преподавания дисциплины

Цель изучения дисциплины – приобретение и углубление знаний в области теории металлургических процессов, необходимых для грамотного, научно обоснованного подхода к анализу результатов исследований металлургических систем и технологических ситуаций.

### 1.2 Задачи изучения дисциплины

- приобретение общекультурных и профессиональных компетенций, которые помогут использовать теорию металлургических процессов при описании многокомпонентных систем, использовать термодинамический метод в металлургических технологиях; дадут возможность эффективно применять теорию в профессиональной деятельности.

1.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

<b>ПКО-4:Способен решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, применяя знания в области моделирования, математики, естественных и прикладных наук</b>	
Уровень 1	методику проведения термодинамических расчетов процессов, протекающих в пиро- и гидрометаллургических системах
Уровень 2	особенности кинетики процессов в многокомпонентных металлургических системах
Уровень 3	роль поверхностных явлений в металлургических системах
Уровень 1	использовать математический аппарат для обработки термодинамических и кинетических данных
Уровень 2	использовать законы физической химии для анализа металлургических процессов
Уровень 3	связывать технологические процессы и объекты металлургического производства со свойствами металлов, сырья и расходных материалов
Уровень 1	навыками термодинамических расчетов процессов, протекающих в металлургических системах
Уровень 2	навыками оценки глубины и скорости протекания процессов
Уровень 3	способностью оценивать и предсказывать поведение систем в зависимости от внешних параметров (температуры, давления)
<b>ПКО-9:Способен применять знания теории и технологии металлургических процессов для решения задач, относящихся к профессиональной деятельности</b>	
Уровень 1	закономерности, лежащие в основе металлургических процессов

Уровень 2	сущность процессов, имеющих место на этапах металлургических переделов
Уровень 3	возможности теории металлургических процессов в плане анализа реакционной способности металлургических систем
Уровень 1	применять знания теории металлургических процессов для решения задач в области первичной и вторичной переработки металлургического сырья
Уровень 1	навыками физико-химического анализа металлургических систем и процессов
<b>ПК-4:Способен проводить расчеты и делать выводы при решении задач, относящихся к профессиональной деятельности</b>	
Уровень 1	критерии реакционной способности веществ и их устойчивости
Уровень 2	особенности кинетики многокомпонентных систем
Уровень 1	использовать математический аппарат в термодинамических расчетах и обработке кинетических данных
Уровень 2	предсказывать поведение металлургических систем и процессов на основе данных физико-химического анализа
Уровень 1	навыками оценки прочности соединений в различных условиях
Уровень 2	способностью проводить расчеты и делать выводы при анализе равновесных и неравновесных процессов в металлургических системах

#### 1.4 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Курс “Теория металлургических процессов” относится к дисциплинам вариативной части учебного плана и изучается во втором семестре после дисциплин:

- Термодинамика и кинетика
- Математика
- Химия

Рассматриваемый в данном курсе материал является теоретической базой для изучения дисциплин:

- Реакционная способность анодов,
- Современные проблемы металлургии и материаловедения,
- Материаловедение,
- Методы физико-химических исследований металлургических систем и процессов.

Кроме того, знания, полученные при освоении дисциплины, могут потребоваться при выполнении научно-исследовательской работы и подготовке к научно-исследовательскому семинару.

#### 1.5 Особенности реализации дисциплины Язык реализации дисциплины Русский.

Дисциплина (модуль) реализуется без применения ЭО и ДОТ.

## 2. Объем дисциплины (модуля)

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад.час)	Семестр
		2
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>5 (180)</b>	<b>5 (180)</b>
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>1,5 (54)</b>	<b>1,5 (54)</b>
занятия лекционного типа	0,5 (18)	0,5 (18)
занятия семинарского типа		
в том числе: семинары		
практические занятия	1 (36)	1 (36)
практикумы		
лабораторные работы		
другие виды контактной работы		
в том числе: групповые консультации		
индивидуальные консультации		
иная внеаудиторная контактная работа:		
групповые занятия		
индивидуальные занятия		
<b>Самостоятельная работа обучающихся:</b>	<b>2,5 (90)</b>	<b>2,5 (90)</b>
изучение теоретического курса (ТО)		
расчетно-графические задания, задачи (РГЗ)		
реферат, эссе (Р)		
курсовое проектирование (КП)	Нет	Нет
курсовая работа (КР)	Нет	Нет
<b>Промежуточная аттестация (Экзамен)</b>	<b>1 (36)</b>	<b>1 (36)</b>

### 3 Содержание дисциплины (модуля)

#### 3.1 Разделы дисциплины и виды занятий (тематический план занятий)

№ п/п	Модули, темы (разделы) дисциплины	Занятия лекционного типа (акад. час)	Занятия семинарского типа		Самостоятельная работа, (акад. час)	Формируемые компетенции
			Семинары и/или Практические занятия (акад. час)	Лабораторные работы и/или Практикумы (акад. час)		
1	2	3	4	5	6	7
1	Термодинамика и кинетика пирометаллургических процессов	10	22	0	52	ПК-4 ПКО-4 ПКО-9
2	Термодинамика и кинетика гидрометаллургических процессов	8	14	0	38	ПК-4 ПКО-4 ПКО-9
Всего		18	36	0	90	

#### 3.2 Занятия лекционного типа

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование занятий	Объем в акад. часах		
			Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме
1	1	Термодинамика и кинетика пирометаллургических процессов	2	0	0
2	1	Восстановление металлов из оксидов: свойства газовых атмосфер, термодинамика восстановления оксидов, карботермия, металлотермия	2	0	0

3	1	Окисление металлов. Окислительное рафинирование: кинетика окисления металлов, окислительное рафинирование, раскисление металлов	2	0	0
4	1	Функции и свойства шлаков. Методы определения активности. Ликвационное рафинирование, методы перекристаллизации: ликвационные процессы, направленная кристаллизация и зонная плавка	2	0	0
5	1	Процессы испарения, возгонки и конденсации: теория процессов испарения, возгонки и конденсации, перегонка металлов, ректификация	2	0	0
6	2	Выщелачивание: термодинамика процессов выщелачивания, кинетика выщелачивания	4	0	0
7	2	Выделение металлов из растворов различными способами: выделение малорастворимых соединений, процессы кристаллизации из растворов, выделение металлов электролизом, осаждение металлов и оксидов из растворов восстановлением водородом и другими газами, цементация	4	0	0
Итого			18	0	0

### 3.3 Занятия семинарского типа

			Объем в акад. часах		
--	--	--	---------------------	--	--

			Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме
1	1	Определение типа диссоциации соединений: расчет константы равновесия процесса диссоциации, определение давления диссоциации	4	0	0
2	1	Расчет давления диссоциации оксидов металлов в системах с растворами: Рассчитываются термодинамические характеристики процесса диссоциации оксидов металлов для случаев образования металлического и шлакового растворов	4	0	0
3	1	Определение окислительной способности газовой фазы: проводится анализ влияния температуры на смещение равновесий газовых реакций, рассчитываются константы равновесия процессов с участием СО и водорода	2	0	0
4	1	Термодинамические расчеты окислительно-восстановительных реакций получения металлов (карботермия, металлотермия): решение задач на определение возможности карботермического и металлотермического восстановления металлов, расчет констант равновесия процессов восстановления	2	0	0



5	1	Кинетика процессов восстановления: решение задач на определение продолжительности процесса, давления пара летучих продуктов реакции, энергии активации процесса по кинетическим данным	4	0	0
6	1	Расчет остаточного содержания никеля в меди при окислительном рафинировании: рассчитывается константа равновесия реакции взаимодействия никеля с оксидом меди; содержание оксида меди в меди; мольная доля никеля после рафинирования и массы компонентов в моле расплава	2	0	0
7	1	Определение выхода и состава продуктов ликвации: на основании диаграмм состояния металлических систем определяется состав равновесных фаз при заданной температуре, по правилу рычага рассчитываются массы фаз, выход продуктов ликвации	2	0	0
8	1	Расчеты процессов испарения, возгонки и конденсации: решаются задачи на определение температуры начала конденсации металла, извлечение металла в конденсат, потери металла из-за неполноты конденсации	2	0	0

9	2	Термодинамика процессов выщелачивания, сопровождающихся химическими реакциями: Рассчитываются термодинамические характеристики процессов выщелачивания, минимальный расход реагента, проводится анализ диаграмм Пурбе	2	0	0
10	2	Кинетика выщелачивания: Рассчитывается кинетика процессов, протекающих в кинетической и диффузионной области (определение порядка реакции, констант скоростей, энергии активации)	2	0	0
11	2	Выделение малорастворимых соединений: рассчитывается количество осажденных соединений при разных условиях осаждения, анализируется влияние различных факторов	2	0	0
12	2	Основы процессов кристаллизации из растворов: рассчитывается выход раствора и кристаллов, состав осадка	2	0	0
13	2	Выделение металлов электролизом: рассчитывается количество металлов, полученных электролитическим путем, определяется выход по току, анализируются условия выделения металлов из растворов	2	0	0

14	2	Осаждение металлов и оксидов из растворов восстановлением водородом и другими газами: рассчитываются параметры автоклавного осаждения металлов водородом	2	0	0
15	2	Выделение металлов цементацией: рассчитывается расход металла-цементатора и объем реактора	2	0	0
Всего			26	0	0

### 3.4 Лабораторные занятия

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование занятий	Объем в акад. часах		
			Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме
Всего					

## 5 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Оценочные средства находятся в приложении к рабочим программам дисциплин.

## 6 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

6.1. Основная литература			
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л1.1	Исаева Л. А.	Теория электрометаллургических процессов: учеб.-метод. пособие для самост. работы студентов спец. 150102.65 «Металлургия цветных металлов».	Красноярск: СФУ, 2012
Л1.2	Напалков В. И., Махов С. В., Бобрышев Б. Л., Моисеев В. С., Напалков В. И.	Физико-химические процессы рафинирования алюминия и его сплавов: учеб.-справочное пособие	Москва: Теплотехник, 2011
6.2. Дополнительная литература			
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год

Л2.1	Вольдман Г. М., Зеликман А. Н.	Теория гидрометаллургических процессов: учебное пособие для вузов по спец. "Химическая технология редких металлов и материалов на их основе"	Москва: Интернет инжиниринг, 2003
Л2.2	Погодаев А. М., Погодаева И. А.	Теория пирометаллургических процессов: [сборник задач]	Красноярск: СФУ, 2007
Л2.3	Погодаев А. М., Погодаева И. А.	Основы теории пирометаллургических процессов: учеб. пособие для студентов (бакалавров, преподавателей) спец. 110200 "Металлургия цветных металлов"	Красноярск: ГУЦМиЗ, 2004
Л2.4	Белоусова Н. В.	Теория пирометаллургических процессов: учеб.-метод. пособие для лаб. работ [для студентов спец. 150400.62.02 "Металлургия цветных металлов"]	Красноярск: СФУ, 2012

### **7 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

Э1	<a href="http://bik.sfu-kras.ru">http://bik.sfu-kras.ru</a>
----	---

### **8 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Общая трудоемкость самостоятельной работы составляет 90 часов.

Самостоятельное изучение теоретического курса предполагает самостоятельную проработку студентами вопросов теоретического курса и электронных ресурсов по данной тематике, а также решение задач по темам пройденных практических занятий. Контроль самостоятельной работы осуществляется во время занятий, проводимых в интерактивной форме.

### **9 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю) (при необходимости)**

#### **9.1 Перечень необходимого программного обеспечения**

9.1.1	В учебном процессе по данной дисциплине используются стандартные программы Microsoft Office и Internet.
-------	---

#### **9.2 Перечень необходимых информационных справочных систем**

9.2.1	Доступ к информационным справочным системам осуществляется через Научную библиотеку СФУ ( <a href="http://bik.sfu-kras.ru">http://bik.sfu-kras.ru</a> ).
9.2.2	

## **10 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Реализация программы предусматривает наличие помещений для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы и помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования. Аудитории должны быть укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления информации.