

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Игнатенко Виталий Иванович

Должность: Проректор по образовательной деятельности и молодёжному образованию

Дата подписания: 23.08.2024 12:38:01

Уникальный программный ключ:

a49ae343af5448d45d7e3e1e499659da8109ba78

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«Заочный государственный университет им. Н.М. Федоровского»

(ЗГУ)

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по ОД и МП

\_\_\_\_\_ Игнатенко В.И.

# ТЕОРИИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

## Теория пирометаллургических процессов

### рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой	<b>Металлургия цветных металлов</b>
Учебный план	22.03.02_бак_оч-заоч_МЦ-2024_прогрес.техн..plx Направление подготовки: Metallургия
Квалификация	<b>бакалавр</b>
Форма обучения	<b>очно-заочная</b>
Общая трудоемкость	<b>5 ЗЕТ</b>
Часов по учебному плану	180
в том числе:	
аудиторные занятия	24
самостоятельная работа	138
часов на контроль	18

Виды контроля в семестрах:

зачеты с оценкой 8

#### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	8 (4.2)		Итого	
	16			
Неделя	уп	рп	уп	рп
Лекции	8	8	8	8
Лабораторные	8	8	8	8
Практические	8	8	8	8
Итого ауд.	24	24	24	24
Контактная работа	24	24	24	24
Сам. работа	138	138	138	138
Часы на контроль	18	18	18	18
Итого	180	180	180	180

Программу составил(и):

к.с-х.н. Доцент Носова Ольга Васильевна \_\_\_\_\_

Согласовано:

к.т.н. Доцент Крупнов Л.В. \_\_\_\_\_

Рабочая программа дисциплины

**Теория пирометаллургических процессов**

разработана в соответствии с ФГОС:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 22.03.02 Metallургия (приказ Минобрнауки России от 02.06.2020 г. № 702)

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

**Металлургия цветных металлов**

Протокол от 20.05.2024г. № 9

Срок действия программы: 2024-2028 уч.г.

Зав. кафедрой д.т.н., профессор Н.Д. Ванюкова

---

---

**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

д.т.н., профессор Н.Д. Ванюкова      \_\_\_\_\_ 2025 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для  
исполнения в 2025-2026 учебном году на заседании кафедры  
**Металлургия цветных металлов**

Протокол от \_\_\_\_\_ 2025 г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой д.т.н., профессор Н.Д. Ванюкова

---

---

**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

д.т.н., профессор Н.Д. Ванюкова      \_\_\_\_\_ 2026 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для  
исполнения в 2026-2027 учебном году на заседании кафедры  
**Металлургия цветных металлов**

Протокол от \_\_\_\_\_ 2026 г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой д.т.н., профессор Н.Д. Ванюкова

---

---

**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

д.т.н., профессор Н.Д. Ванюкова      \_\_\_\_\_ 2027 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для  
исполнения в 2027-2028 учебном году на заседании кафедры  
**Металлургия цветных металлов**

Протокол от \_\_\_\_\_ 2027 г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой д.т.н., профессор Н.Д. Ванюкова

---

---

**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

д.т.н., профессор Н.Д. Ванюкова      \_\_\_\_\_ 2028 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для  
исполнения в 2028-2029 учебном году на заседании кафедры  
**Металлургия цветных металлов**

Протокол от \_\_\_\_\_ 2028 г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой д.т.н., профессор Н.Д. Ванюкова

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

1.1	формирование у студентов систематизированных знаний
1.2	об основах теории пирометаллургических процессов производства цветных металлов. Изучение основных методов рафинирования металлов ликвацией, дистилляцией, с помощью реакций окисления и восстановления; проведение сульфидных плавок обжига руд и концентратов.

**2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП**

Цикл (раздел) ООП:	Б1.В.05
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>
2.1.1	Физическая химия
2.1.2	Физика
2.1.3	Кристаллохимия
2.1.4	Обогащение руд цветных металлов
2.1.5	Металлургическая теплотехника
2.1.6	Металлургия меди и никеля
2.1.7	Физика
2.1.8	Обогащение руд цветных металлов
2.1.9	Металлургия меди и никеля
2.1.10	Физическая химия
2.1.11	Кристаллохимия
2.1.12	Металлургическая теплотехника
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>

**3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**ПК-2.1:** Анализирует качество технологического процесса, качества продукции по результатам аналитического контроля;

**Знать:**

**Уметь:**

**Владеть:**

**В результате освоения дисциплины обучающийся должен**

<b>3.1</b>	<b>Знать:</b>
<b>3.2</b>	<b>Уметь:</b>
<b>3.3</b>	<b>Владеть:</b>

**4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетенции	Литература	Инте ракт.	Примечание
<b>Раздел 1. Семестр 4</b>							
1.1	Введение /Ср/	8	12	ПК-2.1	Л1.1Л2.1 Э1	0	
1.2	Теория процессов обжига, плавки, конвертирования /Лаб/	8	2	ПК-2.1	Л1.1Л2.1 Э1	0	
1.3	Строение и физико-химические свойства твердых тел /Ср/	8	12	ПК-2.1	Л1.1Л2.1 Э1	0	
1.4	Фазовые равновесия в системах Ме-Х, Р-Т-Х диаграмм состояния /Ср/	8	12	ПК-2.1	Л1.1Л2.1 Э1	0	
1.5	Диссоциация химических соединений /Ср/	8	12	ПК-2.1	Л1.1Л2.1 Э1	0	
1.6	Основы теории испарения и конденсации /Ср/	8	12	ПК-2.1	Л1.1Л2.1 Э1	0	
1.7	Окисление металлов /Ср/	8	12	ПК-2.1	Л1.1Л2.1 Э1	0	

1.8	Физические и физико-химические свойства жидких металлов, штейнов, шлаков /Ср/	8	12	ПК-2.1	Л1.1Л2.1 Э1	0	
1.9	Расчет баланса металлургической схемы по металлу /Лек/	8	4	ПК-2.1	Л1.1Л2.2 Э1	0	
1.10	Расчет баланса металлургической схемы по металлу /Пр/	8	4	ПК-2.1	Л1.1Л2.2 Э1	0	
1.11	Расчет баланса металлургической схемы по металлу /Ср/	8	12	ПК-2.1	Л1.1Л2.2 Э1	0	
1.12	Модели активностей компонентов шлаков и штейнов /Лек/	8	2	ПК-2.1	Л1.2Л2.2 Э1	0	
1.13	Модели активностей компонентов шлаков и штейнов /Ср/	8	12	ПК-2.1	Л1.2Л2.2 Э1	0	
1.14	Взаимодействие сульфидных и оксидных фаз /Пр/	8	2	ПК-2.1	Л1.2Л2.2 Э1	0	
1.15	Взаимодействие сульфидных и оксидных фаз /Ср/	8	12	ПК-2.1	Л1.2Л2.2 Э1	0	
1.16	Восстановительные процессы /Лек/	8	2	ПК-2.1	Л1.2Л2.2 Э1	0	
1.17	Восстановительные процессы /Ср/	8	12	ПК-2.1	Л1.2Л2.2 Э1	0	
1.18	Кристаллизационные методы рафинирования металлов /Лаб/	8	2	ПК-2.1	Л1.3Л2.3 Э1	0	
1.19	Кристаллизационные методы рафинирования металлов /Ср/	8	4	ПК-2.1	Л1.3Л2.3 Э1	0	
1.20	Металлургические расплавы /Лаб/	8	2	ПК-2.1	Л1.3Л2.3 Э1	0	
1.21	Металлургические расплавы /Ср/	8	1	ПК-2.1	Л1.3Л2.3 Э1	0	
1.22	Потери металлов со шлаками /Лаб/	8	1	ПК-2.1	Л1.3Л2.3 Э1	0	
1.23	Потери металлов со шлаками /Ср/	8	1	ПК-2.1	Л1.3Л2.3 Э1	0	
1.24	Влияние процессов на окружающую среду /Лаб/	8	1	ПК-2.1	Л1.3Л2.3 Э1	0	
1.25	Влияние процессов на окружающую среду /Пр/	8	2	ПК-2.1	Л1.3Л2.3 Э1	0	

## 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### 5.1. Контрольные вопросы и задания

1. Свойства металлов и их классификация.
2. Сырьё для получения металлов.
3. Металлургические процессы и их классификация.
4. Что такое окислительный обжиг? Где он применяется?
5. Что такое металлургическая плавка?
6. Что такое обжиг?
7. Принципиальная схема получения никеля.
8. Принципиальная схема получения меди.
9. Правило фаз.
10. Что такое диаграмма состояния?
11. На чём основан процесс ликвации?
12. На чём основана теория процессов испарения и конденсации?
13. Что такое температура кипения? И какие температуры Вы знаете?
14. Дайте определение штейна и шлака
15. Расскажите о термодинамических функциях; энтропия, теплосодержание, энергия Гиббса
16. Правило Ле-Шателье
17. Основные закономерности химической термодинамики, используемые при решении металлургических задач.
18. Что такое металлургический баланс? Для чего нужно его знать?
19. Расскажите о механизме и кинетике диссоциации соединений.
20. Сродство металлов к кислороду и давление диссоциации окислов.
21. Теория процессов перегонки.
22. Теория процессов конденсации и испарения.
23. Применение термодинамического метода для расчёта равновесий окислительно-восстановительных реакций.

24. Газообразная и конденсатная диссоциации.
25. Почему окислительный потенциал оксидной системы, содержащий железо, определяется содержанием именно высших окислов железа?
26. Почему теплота испарения вещества значительно больше теплоты его плавления?
27. В чём суть последовательности правила Байкова?
28. Какие факторы влияют на повышение удельной производительности пирометаллургических процессов?
29. В чём смысл понятия «энергия активации» и как определить её экспериментально?
30. Какие термодинамические функции определяют направление реакции диссоциации соединения?
31. Почему для системы, в которой металл и оксид металла (сульфид) являются самостоятельными фазами, равновесное давление кислорода однозначно определяется температурой?
32. Какой из оксидов железа ( $Fe_2O_3$ ,  $Fe_3O_4$ ,  $FeO$ ) обладает большей прочностью и почему?
33. Что определяет равновесное давление летучего компонента (упругость диссоциации) и чем оно является?
34. Чему равно внешнее давление большинства пирометаллургических процессов?
35. От чего в большей степени зависит полнота отделения шлака от других продуктов плавки?
36. Какой наиболее распространённый восстановитель оксида металла?
37. Какие элементы могут быть восстановителем оксида металла?
38. Что такое уравнение изотермы химической реакции?
39. Что вычисляет уравнение Вант-Гоффа?
40. От чего зависит химическое сродство в уравнении?
41. До какой величины может изменяться величина  $G$  при изменении парциальных давлений?
42. Что такое степень десульфуризации?
43. Дайте определение штейна и шлака. Напишите химический состав штейна и шлака (любого).
44. Какие сульфиды называются высшими, какие низшими?
45. Влияние величины десульфуризации на выход и состав штейна.

## 5.2. Темы письменных работ

Самостоятельная работа

## 5.3. Фонд оценочных средств

Критерии оценки знаний студентов при проведении тестирования. Тестовое задание по дисциплине содержит 25 вопросов.

- Оценка «отлично» выставляется при условии правильного ответа студента не менее чем 80% тестовых заданий;
- Оценка «хорошо» выставляется при условии правильного ответа студента не менее чем 60% тестовых заданий;
- Оценка «удовлетворительно» выставляется при условии правильного ответа студента не менее 45%.

Критерии оценки знаний студентов при проведении промежуточной аттестации Экзаменационный билет содержит 3 вопроса.

- Оценка «отлично» выставляется при условии правильного и полного ответа студента на все три вопроса, а также на все дополнительные вопросы;
- Оценка «хорошо» выставляется при условии правильного ответа студента на все три вопроса, но при этом ответы неполные или в них допущены неточности; даны ответы более чем на 50% дополнительных вопросов;
- Оценка «удовлетворительно» выставляется при условии неполного ответа студента на все три вопроса либо дан полный ответ на два вопроса, на третий вопрос ответ отсутствует; даны ответы менее чем на 50% дополнительных вопросов.

## 5.4. Перечень видов оценочных средств

Оценочные средства по категории "ЗНАТЬ": контрольные вопросы, тесты, экзаменационные билеты.

Оценочные средства по категории "УМЕТЬ": расчетные задания, тесты, экзаменационные билеты.

Оценочные средства по категории "ВЛАДЕТЬ": расчетные задания.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 6.1. Рекомендуемая литература

#### 6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие, размещение	Издательство, год	Колич-во
Л1.1	Цемехман Л. Ш. [и др.]	Атлас минерального сырья, технологических промышленных продуктов и товарной продукции ЗФ ОАО ГМК "Норильский никель"	М.: Изд. дом "Руда и металлы", 2010	6
Л1.2	Норильский индустр. ин-т; сост. Т. Н. Нарбекова	Применение диаграмм плавкости оксидных систем для технологических расчетов процессов плавки металлургического сырья: метод. указания для практической и самостоятельной работы для студ. спец. 150102 и 150400.62	Норильск: НИИ, 2012	28
Л1.3	Норильский индустр. ин-т; сост. Т.Н. Нарбекова	Применение термодинамического метода для расчета равновесий окислительно-восстановительных реакций в пирометаллургических процессах: метод. указания	Норильск: НИИ, 2009	29

#### 6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие, размещение	Издательство, год	Колич-во
--	---------------------	----------------------	-------------------	----------

	Авторы, составители	Заглавие, размещение	Издательство, год	Колич-во
Л2.1	Уткин Н.И.	Производство цветных металлов	М.: Интермет Инжиниринг, 2004	15
Л2.2	Ванюков А.В., Зайцев В. Я.	Теория пирометаллургических процессов: Учебник для вузов по спец. "Металлургия цв. металлов"	М.: Metallurgia, 1993	9
Л2.3	Владимиров Л.П.	Термодинамические расчеты равновесия металлургических реакций	М.: Metallurgia, 1970	10
<b>6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"</b>				
Э1	Электронный каталог ЗГУ <a href="http://biblio.norvuz.ru">http://biblio.norvuz.ru</a>			
<b>6.3.1 Перечень программного обеспечения</b>				
6.3.1.1	MS Windows 7 (Номер лицензии 62693665 от 19.11.2013)			
6.3.1.2	MS Office Standard 2013 (Номер лицензии 62693665 от 19.11.2013)			
6.3.1.3	MS Office Standard 2007 (Номер лицензии 62693665 от 19.11.2013)			
6.3.1.4	MS Windows XP (Номер лицензии 62693665 от 19.11.2013)			
6.3.1.5	ABBY FineReader 10 (Номер лицензии 94965 от 25.08.2010)			
<b>6.3.2 Перечень информационных справочных систем</b>				
6.3.2.1	Электронная библиотечная система <a href="http://www.iprbookshop.ru">www.iprbookshop.ru</a> ;			
6.3.2.2	ЭБ ЗГУ			

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

7.1	Учебные аудитории для проведения лекций;
7.2	Учебные аудитории для практических (семинарских) занятий;
7.3	Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций, самостоятельной работы, текущего контроля и промежуточной аттестации;
7.4	Учебные аудитории для проведения лабораторных работ

## 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Для успешного освоения учебного материала студенту необходимо ясно понимать значимость и место дисциплины в его профессиональной подготовке и активно участвовать во всех видах учебного процесса. По дисциплине учебным планом предусмотрена контактная и самостоятельная работа обучающегося.

Контактная работа включает лекционные, практические и лабораторные занятия, коллективные и индивидуальные консультации.

На лекционных занятиях необходимо внимательно слушать преподавателя, подробно и аккуратно вести конспект, который дополняется и корректируется в процессе самостоятельной проработки материала. Практические занятия предусмотрены для формирования умений и навыков применения теории на практике для решения профессиональных задач.

Перед лабораторным занятием студенту необходимо проработать предыдущий теоретический курс, используя конспект лекций и рекомендуемую литературу, а также ознакомиться с ходом работы в соответствии с источниками.

На практических занятиях студентами выполняются тематические и расчетные задания по темам курса. Студенту необходимо активно участвовать в учебном процессе, при необходимости задавать вопросы преподавателю.

Текущий контроль проводится в виде: защиты практических заданий и отчетов по лабораторным работам.

Для реализации самостоятельной работы созданы следующие условия и предпосылки:

1. студенты обеспечены информационными ресурсами в библиотеке ЗГУ (учебниками, учебными пособиями, банком индивидуальных заданий);
2. студенты обеспечены информационными ресурсами в локальной сети ЗГУ (в электронном виде выставлено методическое обеспечение дисциплины);
3. организованы еженедельные консультации.

Промежуточная аттестация по дисциплине. Подготовка к промежуточной аттестации включает проработку теоретического материала, ответы на контрольные вопросы. Вопросы, возникающие во время подготовки, можно выяснить во время консультации.

Для получения допуска студент должен выполнить, оформить и сдать все виды работ, предусмотренные тематическим планом учебной программы дисциплины.

Допуск выставляется только в случае положительной аттестации по всем контрольным точкам и после выполнения студентом всех видов самостоятельной и аудиторной работы.