

Рабочая программа утверждена  
 решением Учёного совета  
 ВФ НИТУ МИСиС  
 от «31» августа 2020г.  
 протокол № 1-20

## Рабочая программа дисциплины (модуля) **Гидро- и пирометаллургия металлов и сплавов**

Закреплена кафедрой

Электрометаллургии

Направление подготовки

22.03.02 Metallургия

Профиль

Metallургия черных металлов

Квалификация

**Бакалавр**

Форма обучения

**очная**

Общая трудоемкость

**4 ЗЕТ**

Часов по учебному плану

144

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 8 семестр

аудиторные занятия

54

самостоятельная работа

61

часов на контроль

27

### Распределение часов дисциплины по семестрам

| Семестр<br>(<Курс>. <Семестр на курсе>) | 8 (4.2) |     |     |     |
|-----------------------------------------|---------|-----|-----|-----|
|                                         | 12      |     |     |     |
| Неделя                                  | 12      |     |     |     |
| Вид занятий                             | УП      | РП  | УП  | РП  |
| Лекции                                  | 18      | 18  | 18  | 18  |
| Практические                            | 36      | 36  | 36  | 36  |
| КСР                                     | 2       | 2   | 2   | 2   |
| Итого ауд.                              | 54      | 54  | 54  | 54  |
| Контактная работа                       | 56      | 56  | 56  | 56  |
| Сам. работа                             | 61      | 61  | 61  | 61  |
| Часы на контроль                        | 27      | 27  | 27  | 27  |
| Итого                                   | 144     | 144 | 144 | 144 |

Программу составил(и):

*к.тн, Доц., Комолова Ольга Александровна*

Рабочая программа

**Гидро- и пирометаллургия металлов и сплавов**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по направлению подготовки 22.03.02 Metallургия (уровень бакалавриата) (приказ от 02.12.2015 г. № 602 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.03.02 Metallургия , ЭМ-20.plx Metallургия черных металлов, утвержденного Ученым советом ВФ НИТУ "МИСиС" 27.02.2020, протокол № 5-20

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

**Электрометаллургии**

Протокол от 26.06.2020 г., №10

Зав. кафедрой Еланский Д.Г.

| 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                |       |             |                          |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-------|-------------|--------------------------|------------|
| 1.1                                                                                                                                                       | научить формулировать и понимать технологические особенности гидро- и пирометаллургии металлов и сплавов.                                                                                                                                                                                                                                                                               |                |       |             |                          |            |
| 2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                |       |             |                          |            |
| Цикл (раздел) ОП:                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Б1.В.ДВ.04     |       |             |                          |            |
| 2.1                                                                                                                                                       | <b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                |       |             |                          |            |
| 2.1.1                                                                                                                                                     | Математика                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                |       |             |                          |            |
| 2.1.2                                                                                                                                                     | Физическая химия                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                |       |             |                          |            |
| 2.1.3                                                                                                                                                     | Физика                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                |       |             |                          |            |
| 2.1.4                                                                                                                                                     | Химия                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                |       |             |                          |            |
| 2.2                                                                                                                                                       | <b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                   |                |       |             |                          |            |
| 2.2.1                                                                                                                                                     | Подготовка к процедуре защиты и процедура защиты ВКР                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                |       |             |                          |            |
| 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                |       |             |                          |            |
| <b>ПК-3.1: способность осуществлять и корректировать технологические процессы в металлургии и материалообработке</b>                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                |       |             |                          |            |
| <b>Знать:</b>                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                |       |             |                          |            |
| ПК-3.1-31 теоретические закономерности процессов гидро- и пирометаллургии металлов и сплавов                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                |       |             |                          |            |
| <b>Уметь:</b>                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                |       |             |                          |            |
| ПК-3.1-У1 выполнять термодинамические расчеты процессов, протекающих при осуществлении современных технологий гидро- и пирометаллургии металлов и сплавов |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                |       |             |                          |            |
| <b>Владеть:</b>                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                |       |             |                          |            |
| ПК-3.1-В1 способами термодинамического, кинетического и статистического анализа металлургических процессов                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                |       |             |                          |            |
| 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                |       |             |                          |            |
| Код занятия                                                                                                                                               | Наименование разделов и тем /вид занятия/                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Семестр / Курс | Часов | Компетенции | Литература и эл. ресурсы | Примечание |
|                                                                                                                                                           | <b>Раздел 1. Технология производства тяжелых цветных металлов</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                |       |             |                          |            |
| 1.1                                                                                                                                                       | Технология производства тяжелых цветных металлов. Общие принципы извлечения меди, никеля, свинца, цинка из руд и концентратов. Основные стадии формирования металлургических расплавов (шлака, штейна, шпейзы). Способы извлечения серы при ирометаллургической переработке сульфидного сырья. Поведение редких и рассеянных элементов в основных пирометаллургических процессах. /Лек/ | 8              | 2     | ПК-3.1      | Л1.1 Л1.2<br>Л2.1        |            |
| 1.2                                                                                                                                                       | Расчеты процесса производства тяжелых цветных металлов /Пр/                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 8              | 8     | ПК-3.1      | Л1.1 Л1.2<br>Л2.1        |            |
| 1.3                                                                                                                                                       | Проработка лекционного материала. Самостоятельное изучение литературы. /Ср/                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 8              | 4     | ПК-3.1      | Л1.1 Л1.2<br>Л2.1        |            |
| 1.4                                                                                                                                                       | Выполнение домашних заданий /Ср/                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 8              | 4     | ПК-3.1      | Л1.1 Л1.2<br>Л2.1        |            |
|                                                                                                                                                           | <b>Раздел 2. Переработка медных руд и концентратов</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                |       |             |                          |            |

|                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |   |   |        |                   |  |
|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|--------|-------------------|--|
| 2.1                                                       | Разновидности отражательной плавки.<br>Переработка штейнов на черновую медь.<br>Автогенные процессы в металлургии меди.<br>Огневое и электролитическое рафинирование меди.<br>Гидрометаллургия меди. Практика кучного и автоклавного выщелачивания. /Лек/                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 8 | 2 | ПК-3.1 | Л1.1 Л1.2<br>Л2.1 |  |
| 2.2                                                       | Расчет процесса производства меди /Пр/                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 8 | 8 | ПК-3.1 | Л1.1 Л1.2<br>Л2.1 |  |
| 2.3                                                       | Проработка лекционного материала.<br>Самостоятельное изучение литературы. /Ср/                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 8 | 4 | ПК-3.1 | Л1.1 Л1.2<br>Л2.1 |  |
| 2.4                                                       | Выполнение домашних заданий /Ср/                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 8 | 4 | ПК-3.1 | Л1.1 Л1.2<br>Л2.1 |  |
| <b>Раздел 3. Переработка никелевых руд и концентратов</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |   |   |        |                   |  |
| 3.1                                                       | Плавка в шахтных печах. Конвертирование никелевых штейнов. Схема производства металлургического кобальта. Плавка в электропечах на ферроникель.<br>Гидрометаллургические и комбинированные способы комплексной переработки окисленных и никелевых руд. Плавка в электрических печах. Особенности конвертирования медно-никелевых штейнов.<br>Гидрометаллургические и комбинированные способы комплексной переработки сульфидных руд и концентратов. Методы получения никеля и кобальта из растворов; электролиз, водородное восстановление. /Лек/ | 8 | 4 | ПК-3.1 | Л1.1 Л1.2<br>Л2.1 |  |
| 3.2                                                       | Расчет процесса производства никеля /Пр/                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 8 | 8 | ПК-3.1 | Л1.1 Л1.2<br>Л2.1 |  |
| 3.3                                                       | Проработка лекционного материала.<br>Самостоятельное изучение литературы. /Ср/                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 8 | 4 | ПК-3.1 | Л1.1 Л1.2<br>Л2.1 |  |
| 3.4                                                       | Выполнение домашних заданий /Ср/                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 8 | 4 | ПК-3.1 | Л1.1 Л1.2<br>Л2.1 |  |
| <b>Раздел 4. Переработка свинцовых концентратов</b>       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |   |   |        |                   |  |
| 4.1                                                       | Агломерирующий обжиг свинцовых концентратов. Восстановительная плавка свинцового агломерата. Новые направления в металлургии свинца. Автогенные и гидрометаллургические способы переработки свинцовых концентратов.<br>/Лек/                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 8 | 2 | ПК-3.1 | Л1.1 Л1.2<br>Л2.1 |  |
| 4.2                                                       | Расчет процесса переработки свинцовых концентратов /Пр/                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 8 | 4 | ПК-3.1 | Л1.1 Л1.2<br>Л2.1 |  |
| 4.3                                                       | Проработка лекционного материала.<br>Самостоятельное изучение литературы. /Ср/                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 8 | 4 | ПК-3.1 | Л1.1 Л1.2<br>Л2.1 |  |
| <b>Раздел 5. Переработка цинковых концентратов</b>        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |   |   |        |                   |  |

|                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |   |    |        |                   |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|----|--------|-------------------|--|
| 5.1                                                                                   | Сравнение эффективности пиро- и гидрометаллургического методов получения цинка. Пирометаллургические методы получения цинка из огарка. Электротермия цинка. Особенности выплавки цинка в шахтных печах. Гидрометаллургия цинка. Комплексное использование цинкосодержащего сырья. /Лек/                                                                                                                                                                                                       | 8 | 2  | ПК-3.1 | Л1.1 Л1.2<br>Л2.1 |  |
| 5.2                                                                                   | Расчет процесса переработки цинковых концентратов /Пр/                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 8 | 2  | ПК-3.1 | Л1.1 Л1.2<br>Л2.1 |  |
| 5.3                                                                                   | Проработка лекционного материала. Самостоятельное изучение литературы. /Ср/                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 8 | 10 | ПК-3.1 | Л1.1 Л1.2<br>Л2.1 |  |
| <b>Раздел 6. Технология производства золота, серебра и металлов платиновой группы</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |   |    |        |                   |  |
| 6.1                                                                                   | Извлечение благородных металлов амальгамацией. Осаждение золота и серебра из цианистых растворов цинком и алюминием. Специальные процессы переработки руд и концентратов сложного состава. Аффинаж золота, серебра и металлов платиновой группы. /Лек/                                                                                                                                                                                                                                        | 8 | 2  | ПК-3.1 | Л1.1 Л1.2<br>Л2.1 |  |
| 6.2                                                                                   | Расчет процесса производства золота, серебра и металлов платиновой группы /Пр/                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 8 | 2  | ПК-3.1 | Л1.1 Л1.2<br>Л2.1 |  |
| 6.3                                                                                   | Проработка лекционного материала. Самостоятельное изучение литературы. /Ср/                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 8 | 7  | ПК-3.1 | Л1.1 Л1.2<br>Л2.1 |  |
| <b>Раздел 7. Технология производства лёгких цветных сплавов</b>                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |   |    |        |                   |  |
| 7.1                                                                                   | Теория и технология получения магния. Особенности кинетики электродных процессов. Получение алюминия. Переработка бокситов. Получение глинозёма. Комплексная переработка нефелинов. Технология электролитического получения алюминия. Электролитическое рафинирование алюминия. Металлургия вторичного алюминия /Лек/                                                                                                                                                                         | 8 | 2  | ПК-3.1 | Л1.1 Л1.2<br>Л2.1 |  |
| 7.2                                                                                   | Расчет процесса производства лёгких цветных сплавов /Пр/                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 8 | 2  | ПК-3.1 | Л1.1 Л1.2<br>Л2.1 |  |
| 7.3                                                                                   | Проработка лекционного материала. Самостоятельное изучение литературы. /Ср/                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 8 | 8  | ПК-3.1 | Л1.1 Л1.2<br>Л2.1 |  |
| <b>Раздел 8. Технология производства редких и радиоактивных металлов</b>              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |   |    |        |                   |  |
| 8.1                                                                                   | Тугоплавкие редкие металлы. Вольфрам и молибден. Тантал и ниобий. Титан, цирконий и гафний. Основы переработки рудных концентратов. Обзор способов получения с учётом особенностей свойств этих металлов. Рассеянные редкие металлы. Технология попутного извлечения галлия, индия, германия, рения. Редкоземельные и радиоактивные металлы. Основы процессов получения редкоземельных металлов высокой чистоты. Лёгкие редкие металлы. ериллий. Литий. Основы технологии производства. /Лек/ | 8 | 2  | ПК-3.1 | Л1.1 Л1.2<br>Л2.1 |  |
| 8.2                                                                                   | Расчет процесса производства редких и радиоактивных металлов /Пр/                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 8 | 2  | ПК-3.1 | Л1.1 Л1.2<br>Л2.1 |  |

|     |                                                                                |   |    |        |                |  |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------|---|----|--------|----------------|--|
| 8.3 | Проработка лекционного материала.<br>Самостоятельное изучение литературы. /Ср/ | 8 | 8  | ПК-3.1 | Л1.1 Л1.2 Л2.1 |  |
|     | КСР                                                                            | 8 | 2  | ПК-3.1 | Л1.1 Л1.2 Л2.1 |  |
|     | Контроль                                                                       | 8 | 27 | ПК-3.1 | Л1.1 Л1.2 Л2.1 |  |

## 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ(ПРИЛОЖЕНИЕ)

### 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

#### 6.1. Рекомендуемая литература

##### 6.1.1. Основная литература

|      | Авторы, составители                                   | Заглавие                                                                   | Библиотека          | Издательство, год        |
|------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|---------------------|--------------------------|
| Л1.1 | Колачёв Б.А, Елагин В.И, Ливанов В.А.<br>Колачёв Б.А, | Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов: учебник | Электронный каталог | Москва МИСиС, 1999       |
| Л1.2 | Воскобойников В.Г, Кудрин В.А.                        | Общая металлургия: учебник                                                 | Электронный каталог | Москва Металлургия, 1985 |

##### 6.1.2. Дополнительная литература

|      | Авторы, составители                           | Заглавие                                                                                       | Библиотека          | Издательство, год        |
|------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|--------------------------|
| Л2.1 | под ред. Лисиенко В.Г. под ред. Лисиенко В.Г. | Сооружение промышленных печей. Проектирование комплексов цветной металлургии. Книга 4. Том 1.: | Электронный каталог | Москва Теплотехник, 2007 |

#### 6.3 Перечень лицензионного программного обеспечения

|     |                         |
|-----|-------------------------|
| П.1 | Windows 7 Professional  |
| П.2 | Microsoft Office 2007   |
| П.3 | антивирусное ПО Dr. Web |
| П.4 | MS Teams                |
| П.5 | LMS Canvas              |

#### 6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

|     |                                                                                               |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| И.1 | Научная электронная библиотека <a href="https://elibrary.ru">https://elibrary.ru</a>          |
| И.2 | Электронная библиотека МИСиС <a href="http://lib.misis.ru">http://lib.misis.ru</a>            |
| И.3 | ЭБС Университетская библиотека онлайн <a href="http://biblioclub.ru">http://biblioclub.ru</a> |
| И.4 | Российская платформа открытого образования <a href="http://openedu.ru">http://openedu.ru</a>  |

### 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

| Ауд. | Назначение                                  | Оснащение                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|------|---------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4    | Гидро- и пирометаллургия металлов и сплавов | Аудитория № 4 для проведения занятий лекционного типа, семинарского типа, текущего контроля, индивидуальных консультаций, промежуточной аттестации, групповых консультаций:<br>доска классическая, доска интерактивная, компьютер с доступом к сети "Интернет" (1 шт.), проектор (1 шт.), экран (1 шт.), рабочее место преподавателя, стол (16 шт.), стул (32 шт.)<br>ПО: Windows 7 Professional, Microsoft Office 2007, антивирусное ПО Dr. Web, MS Teams, Visual Studio, комплект тематических презентаций интернету |

|    |                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|----|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 46 | Аудитория для самостоятельной работы обучающихся | доска классическая, компьютер с доступом к сети "Интернет" (16 шт.), проектор (1 шт.), экран (1 шт.), рабочее место преподавателя, стол (16 шт.), стул (32 шт.)<br>ПО: Windows 7 Professional, Microsoft Office 2007, Компас, антивирусное ПО Dr.Web, MS Teams, Visual Studio |
|----|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

#### 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Дисциплина требует значительного объема самостоятельной работы. Отдельные учебные вопросы выносятся на самостоятельную проработку. Качественное освоение дисциплины возможно только при систематической самостоятельной работе. При этом студентам рекомендуется вести конспект лекционного курса, иметь рабочую тетрадь для практических занятий, а также внимательно ознакомиться с методическими указаниями по каждому разделу изучаемой дисциплины. Для изучения дисциплины необходимо использовать литературу, указанную в разделе Содержание.