

Документ подписан простой электронной подписью  
 Информация о владельце:  
 ФИО: Лапин Вячеслав Александрович  
 Должность: Директор  
 Дата подписания: 16.08.2026 13:29:35  
 Уникальный программный ключ:  
 df48b51be157e2f6cf8adf83bc04ff59a6aeacac

# Негосударственное частное образовательное учреждение высшего образования «Технический университет УГМК»

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ГИДРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ ПРОИЗВОДСТВО ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ Теория гидрометаллургических процессов

|                        |                                                                                  |
|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| Закреплена за кафедрой | металлургии                                                                      |
| Учебный план           | Направление 22.03.02 Metallurgy Профиль подготовки "Metallurgy цветных металлов" |
| Квалификация           | бакалавр                                                                         |
| Форма обучения         | очная                                                                            |
| Общая трудоемкость     | 3 ЗЕТ                                                                            |

### Распределение часов дисциплины по семестрам

| Семестр<br>( <b>&lt;Курс&gt;.&lt;Семестр<br/>на курсе&gt;</b> ) | <b>6 (3.2)</b> |     | Итого |     |
|-----------------------------------------------------------------|----------------|-----|-------|-----|
| Неделя                                                          | 13             |     |       |     |
| Вид занятий                                                     | УП             | РП  | УП    | РП  |
| Лекции                                                          | 24             | 24  | 24    | 24  |
| Лабораторные                                                    | 24             | 24  | 24    | 24  |
| Консультации                                                    | 2              | 2   | 2     | 2   |
| В том числе в<br>форме<br>практ.подготовки                      | 24             |     | 24    |     |
| Итого ауд.                                                      | 48             | 48  | 48    | 48  |
| Контактная работа                                               | 50             | 50  | 50    | 50  |
| Сам. работа                                                     | 31             | 31  | 31    | 31  |
| Часы на контроль                                                | 27             | 27  | 27    | 27  |
| Итого                                                           | 108            | 108 | 108   | 108 |

Разработчик программы:

*ст. преподаватель, Холод Сергей Иванович; канд. техн. наук, доц. кафедры, Тимофеев Константин Леонидович*

Рабочая программа дисциплины

**Теория гидрометаллургических процессов**

разработана в соответствии с ФГОС ВО:

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

составлена на основании учебного плана:

Направление 22.03.02 Metallurgy Профиль подготовки "Metallurgy цветных металлов"

утвержденного учёным советом вуза от 06.07.2023 протокол № 7.

Год начала подготовки: 2023

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры  
**металлургии**

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

## **ПК-2: Способен определять организационные и технические меры по выполнению производственных заданий в отделениях основных операций процесса гидрометаллургического производства тяжелых цветных металлов**

ИПК-2.1: Знает: - расположение, устройство, назначение, принцип действия, технические характеристики, правила обслуживания и эксплуатации гидрометаллургического оборудования (в том числе сосудов, работающих под давлением) и технологической арматуры (запорной и регулирующей арматуры, системы трубопроводов, насосного хозяйства, дозирующих и подающих устройств и механизмов), применяемых контрольно-измерительных приборов, средств автоматики и сигнализации в отделении основных операций гидрометаллургического производства; - производственно-технические, технологические инструкции по ведению операций гидрометаллургического производства тяжелых цветных металлов; - способы выявления и регламент действий по устранению выявленных неисправностей и отклонений в режимах работы оборудования в отделении основных операций гидрометаллургического производства; - теорию и технологию гидрометаллургического производства тяжелых цветных металлов; - инструкции по обеспечению сохранности драгоценных металлов и продуктов, содержащих драгоценные металлы; - требования охраны труда, производственной санитарии, промышленной, экологической, пожарной и химической безопасности в отделении основных операций гидрометаллургического производства.

ИПК-2.2: Умеет: - использовать информационные технологии и средства для анализа и проведения расчетов параметров, режимов и показателей процесса гидрометаллургического производства тяжелых цветных металлов; - выдерживать технологические режимы на заданном уровне по показаниям контрольно-измерительных приборов и данным анализов; - корректировать ключевые параметры технологических процессов гидрометаллургического производства тяжелых цветных металлов, влияющие на качество получаемой продукции; - управлять процессами гидрометаллургической переработки руд и концентратов тяжелых цветных металлов, промывных, промывных и сточных вод; - контролировать правильность настройки параметров технологических агрегатов гидрометаллургического производства; - выявлять нарушения правил эксплуатации и технического обслуживания оборудования гидрометаллургического производства тяжелых цветных металлов

ИПК-2.3: Владеет навыками: - проверки технического состояния основного, вспомогательного оборудования и технологической обвязки агрегатов гидрометаллургического производства тяжелых цветных металлов; - разработки мер по устранению переходящих и профилактике типовых причин отклонений от установленных режимов работы, неполадок и внеплановых простоев оборудования; - определения мер по предупреждению брака и повышению качества переработки поступающих в гидрометаллургическое производство материалов; - принятия решений о режимах обработки поступивших в переработку шихты, растворов, пульпы, гидратов, спеков, шламов, оборотных растворов, промывных и сточных вод, продуктов выщелачивания и классификации; - организации технически правильной эксплуатации основного и вспомогательного оборудования, технологической обвязки и контрольно-измерительных устройств в отделении основных операций гидрометаллургического производства; - ведения учетной и технологической документации на бумажных и (или) электронных носителях в отделении гидрометаллургического производства

**В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен**

|            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1.1</b> | <b>Знать:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 1.1.1      | 1. Классификацию и физико-химические закономерности важнейших гидрометаллургических процессов, составляющих основу производства цветных металлов из рудного и вторичного сырья, особенности термодинамики, кинетики, макромеханизма образования конечных и промежуточных продуктов гидрометаллургических процессов, принципы построения Е-рН диаграмм, методологию расчета равновесного состава продуктов металлургических реакций. |
| <b>1.2</b> | <b>Уметь:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 1.2.1      | 1. Выбирать обоснованные режимы процессов выщелачивания, очистки растворов и рафинирования для достижения заданных технико-экономических показателей, методы термодинамики и кинетики, стадийности процесса для определения последовательности химических превращений и поиска закономерностей распределения цветных металлов между продуктами гидрометаллургических операций.                                                      |

## **2. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

| Код занятия | Наименование разделов и тем /вид занятия/              | Семестр / Курс | Часов | Пр.подг. часов | Примечание |
|-------------|--------------------------------------------------------|----------------|-------|----------------|------------|
|             | Раздел 1. Теоретические основы процессов выщелачивания |                |       | 0              |            |

|                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                       |              |                       |                   |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------|-----------------------|-------------------|
| 1.1                | Энергия Гиббса и энтропия. Термодинамика растворов электролитов. Структура электролитов, их классификация. Термодинамика простого растворения. Растворители (вода, водные растворы солей, кислот, щелочей). Термодинамика процессов выщелачивания, сопровождающихся химическими реакциями. Теоретические основы кинетики выщелачивания. Кинетика выщелачивания дисперсных твердых веществ /Лек/ | 6                     | 6            | 0                     |                   |
| 1.2                | Энергия Гиббса и энтропия. Термодинамика растворов электролитов. Структура электролитов, их классификация. Термодинамика простого растворения. Растворители (вода, водные растворы солей, кислот, щелочей). Термодинамика процессов выщелачивания, сопровождающихся химическими реакциями. Теоретические основы кинетики выщелачивания. Кинетика выщелачивания дисперсных твердых веществ /Лаб/ | 6                     | 6            | 0                     |                   |
| 1.3                | Энергия Гиббса и энтропия. Термодинамика растворов электролитов. Структура электролитов, их классификация. Термодинамика простого растворения. Растворители (вода, водные растворы солей, кислот, щелочей). Термодинамика процессов выщелачивания, сопровождающихся химическими реакциями. Теоретические основы кинетики выщелачивания. Кинетика выщелачивания дисперсных твердых веществ /Ср/  | 6                     | 6            | 0                     |                   |
| <b>Код занятия</b> | <b>Наименование разделов и тем /вид занятия/</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | <b>Семестр / Курс</b> | <b>Часов</b> | <b>Пр.подг. часов</b> | <b>Примечание</b> |
|                    | <b>Раздел 2. Теоретические основы процессов выделения металлов или их соединений из водных растворов</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                       |              | 0                     |                   |
| 2.1                | Выделение металлов методом кристаллизации солей. Выделение металлов в форме малорастворимых соединений. Осаждение гидроксидов и сульфидов металлов. Выделение металлов с применением неорганических и органических восстановителей. Осаждение металлов и оксидов из растворов восстановлением водородом и диоксидом серы. /Лек/                                                                 | 6                     | 6            | 0                     |                   |
| 2.2                | Выделение металлов методом кристаллизации солей. Выделение металлов в форме малорастворимых соединений. Осаждение гидроксидов и сульфидов металлов. Выделение металлов с применением неорганических и органических восстановителей. Осаждение металлов и оксидов из растворов восстановлением водородом и диоксидом серы. /Лаб/                                                                 | 6                     | 6            | 0                     |                   |
| 2.3                | Выделение металлов методом кристаллизации солей. Выделение металлов в форме малорастворимых соединений. Осаждение гидроксидов и сульфидов металлов. Выделение металлов с применением неорганических и органических восстановителей. Осаждение металлов и оксидов из растворов восстановлением водородом и диоксидом серы. /Ср/                                                                  | 6                     | 9            | 0                     |                   |
| <b>Код занятия</b> | <b>Наименование разделов и тем /вид занятия/</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | <b>Семестр / Курс</b> | <b>Часов</b> | <b>Пр.подг. часов</b> | <b>Примечание</b> |
|                    | <b>Раздел 3. Теория ионнообменных и экстракционных процессов</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                       |              | 0                     |                   |
| 3.1                | Основы ионнообменных процессов. Общие сведения, строение и типы ионитов Общие понятия и терминология процессов экстракции. Теоретическое определение числа ступеней экстракции. /Лек/                                                                                                                                                                                                           | 6                     | 6            | 0                     |                   |

|                    |                                                                                                                                                                                                        |                       |              |                       |                   |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------|-----------------------|-------------------|
| 3.2                | Основы ионообменных процессов. Общие сведения, строение и типы ионитов Общие понятия и терминология процессов экстракции. Теоретическое определение числа ступеней экстракции. /Лаб/                   | 6                     | 6            | 0                     |                   |
| 3.3                | Основы ионообменных процессов. Общие сведения, строение и типы ионитов Общие понятия и терминология процессов экстракции. Теоретическое определение числа ступеней экстракции. /Ср/                    | 6                     | 9            | 0                     |                   |
| <b>Код занятия</b> | <b>Наименование разделов и тем /вид занятия/</b>                                                                                                                                                       | <b>Семестр / Курс</b> | <b>Часов</b> | <b>Пр.подг. часов</b> | <b>Примечание</b> |
|                    | <b>Раздел 4. Основы теории электрохимических процессов</b>                                                                                                                                             |                       |              | 0                     |                   |
| 4.1                | Электродвижущие силы, электродные потенциалы. Кинетика электродных процессов. Выделение металлов цементацией. Законы электролиза. Теоретические основы гидроэлектрометаллургии цветных металлов. /Лек/ | 6                     | 6            | 0                     |                   |
| 4.2                | Электродвижущие силы, электродные потенциалы. Кинетика электродных процессов. Выделение металлов цементацией. Законы электролиза. Теоретические основы гидроэлектрометаллургии цветных металлов. /Лаб/ | 6                     | 6            | 0                     |                   |
| 4.3                | Электродвижущие силы, электродные потенциалы. Кинетика электродных процессов. Выделение металлов цементацией. Законы электролиза. Теоретические основы гидроэлектрометаллургии цветных металлов. /Ср/  | 6                     | 7            | 0                     |                   |
| 4.4                | Консультация по дисциплине /Конс/                                                                                                                                                                      | 6                     | 2            | 0                     |                   |

### 3.ОЦЕНКА КАЧЕСТВА РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

#### 3.1. Текущий контроль

Формы и виды текущего контроля по дисциплине, виды заданий, критерии их оценивания, распределение баллов по видам текущего контроля в БРС (при использовании) разрабатываются преподавателем дисциплины с учетом ее специфики и доводятся до сведения обучающихся на первом учебном занятии.

Текущий контроль успеваемости осуществляется преподавателем дисциплины в рамках контактной работы и самостоятельной работы обучающихся.

Возможны различные формы проведения текущей аттестации: устный ответ, письменный ответ, компьютерное тестирование, выполнение практического задания в электронной информационно-образовательной среде (ЭИОС). Для фиксирования результатов текущего контроля может использоваться ЭИОС.

#### 3.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится с использованием вопросов и заданий из комплекта оценочных материалов (КОМ) по дисциплине.

Оценка сформированности компетенции (части компетенции) осуществляется на основе оценки:

- ☐ знаниевых результатов – проверяются через тестовые задания с выбором одного или нескольких правильных ответов, а также через устный или письменный ответ на теоретические вопросы;
- ☐ умений и владений – проверяются через выполнение практических, лабораторных или проектных заданий, а также через решение типовых профессиональных задач.

Критерии оценивания теоретических вопросов и тестовых заданий:

- ☐ «отлично» – 90–100% правильных ответов;
- ☐ «хорошо» – 76–89% правильных ответов;
- ☐ «удовлетворительно» – 60–75% правильных ответов;
- ☐ «неудовлетворительно» – менее 60% правильных ответов;
- ☐ «зачтено» – 60–100% правильных ответов;
- ☐ «незачтено» – менее 60% правильных ответов.

Критерии оценивания практических (практико-ориентированных) заданий:

- ☐ «отлично» – задание выполнено полностью, без ошибок и недочётов; продемонстрировано свободное владение материалом, умение применять знания в стандартных и нестандартных ситуациях;
- ☐ «хорошо» – задание выполнено полностью, допущены не более одной негрубой ошибки или одного-двух недочётов;
- ☐ «удовлетворительно» – задание выполнено не менее чем на 2/3; допущены одна грубая или две-три негрубые ошибки, но общая логика решения сохранена;
- ☐ «неудовлетворительно» – задание выполнено менее чем на 2/3; допущены грубые ошибки, свидетельствующие о непонимании сути задания или отсутствии необходимых умений;
- ☐ «зачтено» – 60–100% правильных ответов;
- ☐ «незачтено» – менее 60% правильных ответов.

**Общие положения:**

Возможны различные формы проведения промежуточной аттестации: устный ответ, письменный ответ, компьютерное тестирование, выполнение практического задания в электронной информационно-образовательной среде (ЭИОС). Каждый обучающийся получает уникальный вариант заданий, сформированный из комплекта оценочных материалов. Итоговая оценка выставляется с учётом как текущего контроля (при наличии), так и результатов промежуточной аттестации.

Комплекты оценочных материалов разрабатываются на кафедре и соответствуют требованиям ФГОС ВО, содержанию рабочей программы и индикаторам компетенций в части, формируемой в рамках дисциплины.

**4. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)****4.1. Рекомендуемая литература****4.1.1. Основная литература**

|      | Авторы, составители                                                        | Заглавие                                                                                                         | Издательство, год   | Эл.адрес                                                                                                                                          |
|------|----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ЛП.1 | Колчин Ю. О.,<br>Миклушевский В. В.,<br>Богатырёва Е. В.,<br>Стрижко В. С. | Оборудование гидрометаллургических процессов. Расчёт аппаратов гидрометаллургических процессов.: учебное пособие | Москва: МИСИС, 2006 | <a href="http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&amp;pl1_id=1837">http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&amp;pl1_id=1837</a> |

**4.2.1 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения**

Комплект лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства, которым обеспечен университет:

1. Операционная система Microsoft Windows (версии, поддерживаемые ТУ УГМК) или отечественные операционные системы на базе Linux, соответствующие требованиям информационной безопасности и поддерживаемые инфраструктурой университета.
2. Антивирус Касперского (лицензированное антивирусное решение, применяемое в ИТ-инфраструктуре университета).
3. Средства сетевой безопасности и фильтрации трафика SkyDNS.
4. Офисное программное обеспечение семейства Microsoft или совместимый офисный пакет («Р7-Офис», OnlyOffice, LibreOffice), обеспечивающий работу с текстовыми документами, электронными таблицами, презентациями и базовыми форматами обмена.
5. Браузеры и средства доступа к веб-ресурсам (Яндекс.Браузер, Google Chrome, Mozilla Firefox, Microsoft Edge), настроенные на работу с ЭИОС, библиотечными и образовательными онлайн-платформами, с установленными сертификатами МинЦифры РФ.
6. Средства работы с архивами и файловой системой (например, 7-Zip, WinRAR или встроенные средства операционной системы).
7. Средства просмотра и обработки PDF-документов Adobe Acrobat Reader, или встроенные средства ОС.
8. Графический редактор Paint.NET или его кроссплатформенные аналоги (GIMP и др).
9. Текстовый редактор Visual Studio Code или совместимые кроссплатформенные решения с открытым исходным кодом.

**4.2.2 Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем**

|         |                                                                                   |
|---------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 4.2.2.1 | Справочная правовая система КонсультантПлюс                                       |
| 4.2.2.2 | Российские журналы в свободном доступе научной электронной библиотека eLIBRARY.RU |

**5. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)****5.1 Общая характеристика учебных аудиторий и иных помещений**

Дисциплина (модуль, практика) реализуется в учебных аудиториях для проведения учебных занятий, оснащенных оборудованием и техническими средствами обучения.

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа укомплектованы учебной мебелью и техническими средствами обучения: мультимедийное оборудование для предоставления учебной информации аудитории (стационарное или переносное) и (при необходимости) звукоусиливающее оборудование (стационарное или переносное).

Учебные аудитории для проведения практических занятий, в том числе семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации укомплектованы учебной мебелью и техническими средствами обучения: мультимедийное оборудование (стационарное или переносное) и (при необходимости) звукоусиливающее оборудование (стационарное или переносное).

Помещение для самостоятельной работы оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду.

Актуальные сведения о наличии оборудованных учебных кабинетов и объектов для проведения практических занятий представлены в специальном разделе «Сведения об образовательной организации» официального сайта университета.

**5.2 Перечень специализированных аудиторий, оснащенных лабораторным оборудованием (заполняется при необходимости)**

| Ауд. № | Назначение | Оснащение |
|--------|------------|-----------|
|--------|------------|-----------|

**6. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

- Изучение рабочей программы дисциплины.
- Обязательная подготовка к практическим занятиям.
- Изучение основной и дополнительной литературы, интернет-источников.

- Выполнение всех видов самостоятельной работы.

Эффективное освоение дисциплины предполагает регулярное посещение всех видов аудиторных занятий, выполнение плана самостоятельной работы в полном объеме и прохождение аттестации в соответствии с календарным учебным графиком.

Студенту рекомендуется ознакомиться со списком основной и дополнительной литературы. Доступ к информационным ресурсам библиотеки и информационно-справочным системам сети "Интернет" организован в читальном зале библиотеки со стационарных ПЭВМ, либо с личного ПЭВМ (ноутбука, планшетного компьютера или иного мобильного устройства) посредством беспроводного доступа при активации индивидуальной учетной записи.

Пользование информационными ресурсами расширяет возможности освоения теоретического курса, выполнения самостоятельной работы.

Практические занятия включают в себя освоение действий, обсуждение проблем по основным разделам курса и направлены

на углубление изученного теоретического материала и на приобретение умений и навыков.

Самостоятельная работа студентов включает освоение теоретического материала, подготовку к выполнению заданий практических занятий, и подготовку к аттестации.

Методические рекомендации по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

При необходимости программа дисциплины может быть адаптирована для инклюзивного обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья с учетом особенностей их психофизического развития, индивидуальных возможностей и необходимых специальных условий их обучения.

При наличии в группе студентов с ограниченными возможностями здоровья возможно использовать адаптивные технологии.

Для студентов с ограниченным слухом:

- использование разнообразных дидактических материалов (карточки, рисунки, письменное описание, схемы и т.п.) как помощь для понимания и решения поставленной задачи;
- использование видеоматериалов, которые дают возможность понять тему занятия и осуществить коммуникативные действия;
- выполнение проектных заданий по изучаемым темам.

Для студентов с ограниченным зрением:

- использование фильмов с возможностью восприятия на слух даваемой в них информации для последующего ее обсуждения;
- использование аудиоматериалов по изучаемым темам, имеющимся на кафедре;
- индивидуальное общение с преподавателем по изучаемому материалу;
- творческие задания по изучаемым темам или по личному желанию с учетом интересов обучаемого.